

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO À DECISÃO NA
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS RESÍDUOS DE
CONCRETO PRÉ-FABRICADO**

Luiz Antônio Sarti Junior

São Carlos - SP
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO À DECISÃO NA
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS RESÍDUOS DE
CONCRETO PRÉ-FABRICADO**

Luiz Antônio Sarti Junior

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sheyla Mara Baptista Serra

São Carlos - SP
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Luiz Antonio Sarti Junior, realizada em 17/06/2024.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra (UFSCar)

Prof. Dr. Jose da Costa Marques Neto (UFSCar)

Prof. Dr. Assed Naked Haddad (UFRJ)

Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo (UFG)

Prof. Dr. Carlos do Amaral Razzino (UNESP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa e para a conclusão deste doutorado.

À minha orientadora, Professora Dra. Sheyla Mara Baptista Serra, registro minha eterna gratidão pelo apoio incondicional, pela orientação e pelo incentivo que me proporcionou ao longo desta jornada acadêmica. Agradeço imensamente por sua dedicação, paciência, sabedoria e por ter acreditado em meu potencial.

Aos meus queridos pais, Luiz Antonio e Odila, agradeço imensamente por todo o amor, apoio incondicional e incentivo à educação desde a minha infância. Vocês sempre acreditaram em meu potencial e me inspiraram a buscar meus objetivos. Sou grato por me proporcionarem as melhores oportunidades e por me ensinarem valores que foram essenciais para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus parceiros de pesquisa, Dra. Ludmilla de Oliveira Zeule e Me. Luis Fernando Basílio, pelo apoio e pelas contribuições na execução desta pesquisa.

Aos meus amigos, Amanda Mazú, Fernanda Cicarelli, Gustavo Gonçalves, Gabriela Oliveira, Gustavo Marques, Leonardo Brian, Mariana Posterli, Mariane Oliveira e Tassiane Pinheiro, agradeço a amizade, o companheirismo e o apoio fundamental durante toda a jornada. Vocês foram fundamentais para superar os desafios, celebrar as conquistas e manter a motivação ao longo do caminho.

À Universidade Federal de São Carlos, agradeço por proporcionar um ambiente acadêmico propício ao meu desenvolvimento intelectual, pelo acesso a recursos e conhecimentos de qualidade e pela oportunidade de realizar este doutorado.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelos ensinamentos dedicados, e aos professores que participaram como membros nas minhas bancas de qualificação e defesa de tese, pelas contribuições concedidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço o apoio à pós-graduação brasileira e pelos recursos financeiros concedidos durante o doutorado.

À Deus por me permitir conquistar este título e por me guiar em cada passo dessa jornada.

Muito obrigado a todos vocês!

SARTI JUNIOR, L. A. **Aplicação da análise multicritério à decisão na avaliação da sustentabilidade dos resíduos de concreto pré-fabricado.** 2024. 312p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

A crescente preocupação com o meio ambiente e as graves consequências do seu uso excessivo, provocadas pela ação humana, tem impulsionado o desenvolvimento de pesquisas e novas tecnologias visando mitigar os impactos causados no planeta. No Brasil, a construção civil é responsável pela geração de um grande volume de resíduos, com baixa taxa de reciclagem. Entre estes, destacam-se os resíduos da construção civil e demolição (RCC) e os resíduos de concreto pré-fabricados (RCPF). No âmbito dos sistemas construtivos, a pré-fabricação de elementos de concreto apresenta vantagens em termos de sustentabilidade. Nesse sentido, o processo de industrialização da construção civil contribui para a redução dos resíduos gerados em canteiros de obras. No entanto, como em qualquer sistema construtivo, a pré-fabricação também gera resíduos. Estes podem ser originados da sobra de concreto fresco durante o processo de fabricação ou do descarte de elementos que não atendem aos critérios de qualidade. O gerenciamento dos RCPF é de extrema importância, e ferramentas que auxiliem na tomada de decisão podem ser utilizadas para otimizar esse processo. Esta pesquisa propõe a aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) como ferramenta de apoio à tomada de decisão sobre a destinação ou reutilização dos RCPF. Para isso, um estudo piloto foi realizado, onde foram identificados os principais critérios abordados e a forma de descarte atualmente utilizada. Os dados desta pesquisa foram coletados por meio de um questionário online, o qual foi respondido por treze especialistas que atuam no processo de produção de elementos de concreto pré-fabricado e gerenciamento de obras do segmento, cujos dados foram aplicados nas matrizes do método AHP. O método AHP demonstra aplicabilidade em casos de julgamento em grupo. Por meio da agregação individual de julgamentos (AIJ), é possível obter um resultado único que reflete a opinião de diversos julgadores. Por meio da aplicação do método, foi possível identificar que, na opinião da maioria dos especialistas, a implantação de uma central de transformação dos RCPF em agregados reciclados seria a alternativa considerada de maior importância. A ausência de medidas que incentivem o uso de agregados reciclados provenientes dos RCPF em concreto reciclado tem direcionado empresas para o descarte em aterros. Outra possibilidade seria o estabelecimento de parcerias com empresas de reciclagem dos RCC. Diante desse cenário, esta pesquisa buscou conscientizar os especialistas do setor de pré-fabricados e as empresas do segmento de que existem diferentes alternativas para a destinação dos RCPF, ampliando os aspectos de sustentabilidade deste sistema construtivo.

Palavras-chave: sustentabilidade, gerenciamento de ativos, método de tomada de decisão, *Analytic Hierarchy Process*, construção civil, resíduos de concreto pré-fabricado.

SARTI JUNIOR, L. A. **Application of multicriteria decision analysis in the evaluation of the sustainability of precast concrete waste.** 2024. 312p. Thesis (Doctorate in Civil Engineering) - Federal University of São Carlos, São Carlos, 2024.

The growing concern for the environment and the severe consequences of its excessive use caused by human activity have driven the development of research and new technologies aimed at mitigating the impacts on the planet. In Brazil, the construction industry is responsible for generating a large volume of waste with a low recycling rate. Among these, construction and demolition waste (CDW) and precast concrete waste (PCW) stand out. In the context of construction systems, the prefabrication of concrete elements offers sustainability advantages. In this regard, the industrialization process of the construction industry contributes to reducing waste generated on construction sites. However, like any construction system, prefabrication also generates waste. This waste can originate from leftover fresh concrete during the manufacturing process or from the disposal of elements that do not meet quality criteria. The management of PCW is extremely important, and tools that assist in decision-making can be used to optimize this process. This research proposes the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method as a decision-support tool for the disposal or reuse of PCW. To this end, a pilot study was conducted in which the main criteria addressed and the current disposal method used were identified. Data for this research were collected through an online questionnaire, which was answered by thirteen experts involved in the production process of precast concrete elements and the management of works in the segment, and these data were applied in the AHP method matrices. The AHP method demonstrates applicability in both individual and group judgment cases. Through the aggregation of individual judgments (AIJ), a single result can be obtained that reflects the opinions of various judges. Through the application of the method, it was possible to identify that, in the opinion of most experts, the implementation of a transformation center for PCW into recycled aggregates would be considered the most important alternative. The absence of measures to encourage the use of recycled aggregates from PCW in recycled concrete has led companies to dispose of them in landfills. Another possibility would be to establish partnerships with CDW recycling companies. Given this scenario, this research sought to raise awareness among experts in the precast sector and companies in the segment that there are different alternatives for the disposal of PCW, thus enhancing the sustainability aspects of this construction system.

Keywords: sustainability, asset management, decision-making method, Analytic Hierarchy Process, construction industry, prefabricated concrete waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de produção numa empresa de pré-fabricados de concreto	28
Figura 2: Fluxograma do processo de fabricação de um elemento pré-fabricado.....	29
Figura 3: Diagrama com os problemas em que as indústrias.....	31
Figura 4: Equipamento de processamento de resíduos HARTL	54
Figura 5: Triturador de impacto ANSHUN	55
Figura 6: Triturador de alto impacto RM120	55
Figura 7: Triturador móvel da empresa K&B	56
Figura 8: Hierarquia do Método de Análise Hierárquica AHP.....	68
Figura 9: Fluxograma com as atividades realizadas ao longo da pesquisa	82
Figura 10: Hierarquia adotada para o método AHP	90
Figura 11: Estrutura da pesquisa no método AHP – Critérios principais.....	92
Figura 12: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Ambientais.....	97
Figura 13: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Técnicos	100
Figura 14: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Econômicos	104
Figura 15: Estrutura da pesquisa no método AHP – Alternativas.....	107
Figura 16: Fluxograma do processo de produção da laje alveolar	124
Figura 17: Depósito dos resíduos oriundos do processo de fabricação das lajes...	125
Figura 18: Fluxograma PRISMA adaptado para a RSL.....	127
Figura 19: Rede Bibliométrica de coocorrência de palavras-chave.....	128
Figura 20: Mapa temporal de coocorrência de palavras-chave.....	130
Figura 21: Word Cloud dos trabalhos aceitos.....	131
Figura 22: Panorama resumido dos perfis dos treze especialistas	133
Figura 23: Classificação dos critérios.....	137
Figura 24: Resultados da razão de consistência dos critérios.....	141
Figura 25: Classificação das Alternativas.....	154
Figura 26: Desempenho da alternativa Descartar em aterros legalizados	157
Figura 27: Desempenho da alternativa Firmar parcerias com empresas recicladoras	158
Figura 28: Desempenho da alternativa Implantar central de processamento	159
Figura 29: Desempenho da alternativa prioritária frente aos.....	161
Figura 30: Diagrama do desempenho da alternativa prioritária frente.....	162

Figura 31: Diagrama do comportamento da alternativa prioritária frente	163
Figura 32: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao	165
Figura 33: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	166
Figura 34: Análise de Sensibilidade das alternativas - subcritério.....	167
Figura 35: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	168
Figura 36: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	168
Figura 37: Análise de Sensibilidade das alternativas - subcritério.....	169
Figura 38: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério ambiental...	170
Figura 39: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério técnico	170
Figura 40: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério econômico .	171
Figura 41: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	173
Figura 42: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	173
Figura 43: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério.....	174
Figura 44: Diagrama agregado para o principal critério com base	179
Figura 45: Diagrama com a alternativa prioritária agregada.....	180
Figura 46: Diagrama para identificação das principais causas geradoras de RCPF	182
Figura 47: Fluxograma proposto para estruturar o método AHP	185
Figura 48: Estrutura da pesquisa método AHP Documento 1 - Critérios principais	247
Figura 49: Estrutura dos subcritérios no método AHP Documento 2 – Subcritérios Ambientais	251
Figura 50: Estrutura dos subcritérios no método AHP Documento 3 – Subcritérios Técnicos.....	253
Figura 51: Estrutura dos subcritérios no método AHP Documento 4 – Subcritérios Econômicos.....	256
Figura 52: Estrutura das alternativas no método AHP Documento 5 – Alternativas	258

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valor do índice randômico de acordo com a ordem da matriz	70
Tabela 2: Matriz para cálculos de índice de consistência - Exemplo	71
Tabela 3: Ranking dos Critérios	135
Tabela 4: Análise da consistência das respostas dos Critérios.....	140
Tabela 5: Ranking de preferências dos subcritérios.....	142
Tabela 6: Consistência das respostas dos Subcritérios	150
Tabela 7: <i>Ranking</i> de prioridades das alternativas de destinação dos RCPF	152
Tabela 8: Resultado agrupado – Critério principal	175
Tabela 9: Análise de Consistência dos critérios – Resultado agrupado.....	175
Tabela 10: Resultado agrupado dos subcritérios	176
Tabela 11: Análise de consistência dos resultados agrupados - Subcritérios	176
Tabela 12: Alternativa prioritária – Agregação dos valores	177

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Responsabilidade pelos resíduos sólidos, segundo a PNRS	38
Quadro 2: Classificação dos resíduos da construção civil	39
Quadro 3: Matriz do Método de Análise Hierárquica AHP	68
Quadro 4: Intensidade de importância da comparação do método AHP	69
Quadro 5: Matriz SWOT elaborada para o critério ambiental	88
Quadro 6: Matriz SWOT elaborada para o critério técnico	88
Quadro 7: Matriz SWOT elaborada para o critério econômico	89
Quadro 8: Escala de Priorização por Pares de Saaty (1990)	91
Quadro 9: Comparação par a par – definição do critério de maior importância	93
Quadro 10: Comparação par a par – Subcritérios ambientais	98
Quadro 11: Comparação par a par – Subcritérios Técnicos	101
Quadro 12: Comparação par a par – Subcritério Econômico	104
Quadro 13: Comparação par a par – Alternativas para destinação do RCPF	108
Quadro 14: Exemplo de Matriz de Opinião - Critérios	111
Quadro 15: Exemplo de Matriz Normalizada - Critérios	112
Quadro 16: Exemplo de normalização da matriz de cálculo - Critérios	112
Quadro 17: Exemplo de cálculo da PML - Critérios	112
Quadro 18: Exemplo de cálculo do vetor λ_{max} - Critérios	113
Quadro 19: Exemplo de Matriz de Opinião - Subcritérios	114
Quadro 20: Matriz de Opinião – Alternativas	115
Quadro 21: Cálculo da Valoração Global	116
Quadro 22: Exemplo de Matriz de opinião para os critérios – exemplo Agregado ..	120
Quadro 23: Exemplo de Matriz de opiniões agregada - Critérios	121
Quadro 24: Definições para o planejamento da RSL	126
Quadro 25: Perfil dos especialistas	132

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCIC	- Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto.
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABRECON	- Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.
AECO	- Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação.
AHP	- <i>Analytic Hierarchy Process.</i>
AIJ	- <i>Aggregation of Individual Judgments.</i>
AIP	- <i>Aggregation of Individual Priorities.</i>
AR	- Agregados Reciclados.
ARCI	- Agregado Reciclado Cimentício.
ARCO	- Agregado Reciclado de Concreto.
ARM	- Agregado Reciclado Misto.
BIBTEX	- <i>Bibliography Text.</i>
BIM	- <i>Building Information Modeling.</i>
BPCF	- <i>British Precast Concrete Federation.</i>
CAAE	- Certificado de Apresentação de Apreciação Ética.
CADRI	- Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental.
CAPES	- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
CB	- Comitê Brasileiro.
CBA	- <i>Choosing by Advantages.</i>
CDW	- <i>Construction and Demolition Waste.</i>
CE	- Construção Enxuta.
CEP	- Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CSi	- Resistência à compressão em escala industrial.
CSI	- Resistência à compressão em escala laboratorial.
CVS	- <i>Comma-Separated Values.</i>
CWM	- <i>Construction Waste Management.</i>
ELECTRE-TRI	- <i>ELimination Et Choix Traduisant la REalité.</i>
EV	- Engenharia de Valor.
FAST	- <i>Function Analysis System Technique.</i>
FCS	- Fatores Críticos de Sucesso.

FGV	- Fundação Getúlio Vargas.
FRAM	- <i>Functional Resonance Analysis Method.</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IC	- Índice de Consistência.
IPÊ	Software para cálculo de matriz multicritério.
IPC	- Instalações Provisórias de Canteiros de Obras.
IR	- Índice Randômico.
ISO	- <i>International Organization for Standardization.</i>
MCDM	- <i>Multi Criteria Decision Making.</i>
MEC	- Ministério da Educação.
MGP	- Média Geométrica Ponderada.
MPa	- Mega Pascal.
MV	- Variação mecânica.
NBR	- Norma Brasileira.
ODS	- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.
ONU	- Organização das Nações Unidas.
PCW	- <i>Precast Concrete Waste.</i>
PGRCC	- Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.
PIB	- Produto Interno Bruto.
PMGRC	- Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção.
PML	- Prioridade Média Local.
PNEC	- Política Nacional de Economia Circular.
PNRS	- Política Nacional de Resíduos Sólidos.
PPGECiv	- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
PRISMA	- <i>Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses.</i>
PROMETHEE	- <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations.</i>
RC	- Razão de Consistência.
RCA	- <i>Recycled Concrete Aggregates.</i>
RCC	- Resíduos da Construção Civil e Demolição.
RCPF	- Resíduos de Concreto Pré-Fabricado.
RIS	- <i>Research Information Systems.</i>
RSL	- Revisão Sistemática de Literatura.
RSS	- Resíduos de Serviços de Saúde.

SAD	- Sistemas de Apoio à Decisão.
SAD	- Sistemas de Apoio à Decisão.
SAGReS	- Sistema de Avaliação de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.
SISNAMA	- Sistema Nacional do Meio Ambiente.
SNVS	- Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.
SPDA	- Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.
STSi	- Resistência à tração em escala industrial.
STSI	- Resistência à tração em escala laboratorial.
SWOT	- <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats.</i>
TCLE	- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
TIR	- Taxa Interna de Retorno.
TOPSIS	- <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution.</i>
UFF	Universidade Federal Fluminense.
UFSCar	- Universidade Federal de São Carlos.
VG	- Valoração Global.
VIKOR	- <i>ViseKriterijska Optimizacija I Kompromisno Resenje.</i>
VOSviewer	- <i>Visualization of Similarities.</i>
WP	- Penetração de água sob pressão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	21
1.1.1 Problema de pesquisa	22
1.1.2 Delimitação da pesquisa.....	22
1.2 Objetivos	23
1.2.1 Geral	23
1.2.2 Específicos	23
1.3 Estrutura dos capítulos	24
2. A PRÉ-FABRICAÇÃO DE CONCRETO E A SUSTENTABILIDADE	26
2.1 Pré-fabricados de Concreto	26
2.1.1 O processo de produção de pré-fabricados de concreto.....	28
2.2 Sustentabilidade dos pré-fabricados de concreto	30
2.3 Resíduos sólidos	35
2.3.1 Caracterização dos resíduos sólidos	38
2.3.2 Resíduos da construção civil	40
2.3.3 Resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)	41
2.3.4 Estratégias de gestão do RCC	43
2.4 Concreto reciclado	45
2.4.1 Critérios para o uso do concreto reciclado.....	48
2.4.2 Processamento e reciclagem dos RCPF	50
2.4.3 Equipamentos para reciclagem dos RCPF	52
3. FERRAMENTA E MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO	58
3.1 Análise SWOT	58
3.2 Métodos de apoio à decisão	59
3.2.1 Método Analytic Hierarchy Process (AHP).....	64
3.2.2 Pesquisas com o método AHP	73
3.2.3 Seleção do método multicritério AHP	77

4. MÉTODO DE PESQUISA	79
4.1 Delineamento da Pesquisa	79
4.1.1 Fluxograma esquemático da pesquisa	81
4.1.2 Público-alvo	84
4.2 Fatores Críticos de Sucesso	86
4.2.1 Matriz SWOT	87
4.3 Aplicação do método AHP	89
4.3.1 Instrumento de coleta de dados - Questionário.....	90
4.4 Métodos de cálculo empregados nas matrizes AHP	111
4.4.1 Identificação do critério de maior importância	111
4.4.2 Análise de sensibilidade do método AHP	116
4.4.3 Avaliação da aplicabilidade do método AHP	117
4.4.4 Agregação dos resultados no método AIJ	119
4.5 Fluxograma de apoio ao método AHP	121
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	123
5.1 Estudo de Caso Piloto	123
5.2 Revisão Sistemática de Literatura	126
5.3 Caracterização dos respondentes	132
5.4 Critérios	134
5.4.1 Consistência das matrizes dos Critérios	139
5.5 Subcritérios	142
5.5.1 Subcritérios Ambientais	144
5.5.2 Subcritérios Técnicos	145
5.5.3 Subcritérios Econômicos	148
5.5.4 Consistência das matrizes dos Subcritérios.....	150
5.6 Alternativas	151
5.6.1 Desempenho das alternativas	156
5.6.2 Análise de Sensibilidade.....	164
5.7 Agregação dos Valores	175
5.8 Resultados gerais	178

5.9	Fluxograma.....	184
5.9.1	Definições.....	186
5.9.2	Coleta de dados	188
5.9.3	Tratamento dos dados.....	189
5.9.4	Resultados	191
5.9.5	Análises.....	191
6.	CONCLUSÕES.....	194
6.1	Quanto aos objetivos propostos.....	194
6.2	Quanto à análise multicritério aplicada	195
6.3	Quanto às políticas públicas no âmbito dos RCPF	196
6.4	Quanto à alternativa escolhida como melhor opção de destinação dos RCPF 197	
6.5	Quanto à recomendação de trabalhos fututos.....	199
	REFERÊNCIAS.....	200
	APÊNDICE A - Entrevistas	223
	APÊNDICE B – Instruções para responder o questionário.....	225
	APÊNDICE C – Questionário.....	228
	APÊNDICE D – Respostas dos especialistas.....	260
	APÊNDICE E – Validação das respostas do método AHP	299

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente e as graves consequências da sua excessiva exploração provocada pelo homem motivou o desenvolvimento de pesquisas e novas tecnologias com o objetivo de minimizar os efeitos causados no planeta. A atuação do homem na natureza tem sido discutida por organizações governamentais e não governamentais, as quais têm se preocupado com as alterações ambientais e o papel do homem neste cenário.

A indústria da construção civil é um dos principais setores da economia. Segundo dados da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse setor movimenta sozinho cerca de 10 trilhões de dólares em bens relativos à construção mundial e emprega cerca de 7% da população mundial em idade de trabalho (Dos Santos Pereira *et al.*, 2023).

No Brasil a construção civil ainda é caracterizada por apresentar produtividade relativamente baixa e pouco controle na produção (Silva *et al.*, 2020). Tais características são observadas devido a algumas atividades serem executadas de forma não racionalizada, gerando uma grande quantidade de resíduos, além de ser responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais obtidos de fontes não-renováveis (Hedre, 2010; Lintz *et al.*, 2012; Barbosa *et al.*, 2017; Caetano *et al.*, 2018; Tam; Soomro; Evangelista, 2018; Pereira; Azevedo, 2020; Mendonça *et al.*, 2021).

No Brasil, a construção civil é um dos pilares da economia, sendo estimado que este setor responde por cerca de 14% do Produto Interno Bruto (PIB). Além disso, é um grande consumidor de matérias-primas naturais, correspondendo a aproximadamente 20% a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (Paz; Lafayette, 2016). Desta forma, as atividades de construção civil requerem uma alta quantidade de materiais inertes, tais como cascalho e areia, os quais usualmente são obtidos por meio da extração de sedimentos em planícies aluviais. A extração desses sedimentos provoca alterações severas tanto no perfil dos rios como no seu equilíbrio, além de propiciar problemas ambientais bem como modificação em sua estrutura hidrológica (Cabral *et al.*, 2009; Fernandes; Amorim, 2014; Souza *et al.*, 2015; Faria, 2019).

Com o avanço da urbanização, os centros urbanos foram saturados e, por consequência, o crescimento das atividades do setor da construção civil foi elevado. Esse cenário resultou na maximização da exploração de recursos naturais e na geração dos resíduos da construção civil e demolição (RCC), com impactos socioambientais que exigem atenção bem como a proposição de medidas para solucionar esses problemas (Marques Neto, 2003; Halmeman; Souza; Casarin, 2009; Barros, 2017; Tozzi, 2019).

No Brasil, estima-se que a produção de RCC é superior a 70 milhões de toneladas por ano, representando cerca de 50% da massa total dos resíduos sólidos urbanos produzidos (Marques Neto, 2005; Contreras *et al.*, 2016). Entretanto, somente uma parcela desse volume produzido é reciclada, cerca de 6,14%, sendo que o restante costuma ser destinado a aterros inertes ou ilegalmente depositados em terrenos baldios e estradas (Marques Neto, 2009; Monteiro *et al.*, 2017).

Geralmente, os resíduos gerados nos canteiros de obras e nas demolições são compostos por restos de argamassas, tijolo, concreto, cerâmica e metais. Na grande maioria das vezes, esses RCC são descartados em aterros de resíduos inertes devido à ausência de mercado formalizado para suas formas recicladas (Duran; Lenihan; O'regan, 2006; Wahi *et al.*, 2016; Córdoba *et al.*, 2019; Silva; Marques Neto, 2020).

No âmbito dos sistemas construtivos, a pré-fabricação de elementos de concreto armado apresenta benefícios quanto à sustentabilidade e qualidade da produção. Nesse sentido, o processo de industrialização da construção civil contribui na redução dos resíduos gerados em canteiro de obras. O aperfeiçoamento da tecnologia utilizada na produção dos elementos pré-fabricados de concreto implicou em inúmeras vantagens para a construção civil, tais como rapidez, qualidade, economia e limpeza na obra (El Debs, 2000; Albuquerque; El Debs, 2005; Zeule; Serra, 2015).

No Brasil, a fabricação de elementos pré-moldados de concreto ainda depende, em parte, do controle manual de um operador, o que significa que a automação não é completa em todo o processo de produção, contrastando com as diversas vantagens que esses elementos oferecem (Duarte; Elmir; Pitol, 2017).

Apesar de suas diversas vantagens, como rapidez na construção, alta resistência e durabilidade, o concreto pré-fabricado também apresenta desvantagens, que precisam ser consideradas antes de sua utilização. Um dos principais pontos a

serem ponderados é o custo de produção. O processo de fabricação dos elementos pré-fabricados de concreto exige alto controle de qualidade, equipamentos de grande porte e amplo espaço para produção, cura e armazenamento. Esses fatores, por sua vez, impõe um impacto significativo no preço final do material. Outro desafio a ser superado é a logística de transporte, pois a concentração da maioria das empresas fabricantes está nos grandes centros urbanos, onde há uma maior demanda por projetos e obras do segmento. Quando necessário haver transporte para cidades menores dos elementos isso pode se tornar um obstáculo significativo. Com isso, surge a necessidade de transportes especiais, devido às condições precárias de algumas estradas, aumenta o risco de danos às peças durante o trajeto, elevando ainda mais os custos (Porto, 2010).

Em alguns casos, o sistema construtivo em pré-fabricados de concreto pode gerar resíduos oriundos de problemas durante as fases de fabricação, transporte, montagem ou até mesmo no processo de demolição. A grande maioria dos resíduos gerados pela indústria de concreto pré-fabricado pode ser considerada inerte, ou seja, com capacidade poluente relativamente baixa e com alto potencial de reciclagem e reaproveitamento no processo de produção de componentes não estruturais (Doniak, 2020).

Além disso, os resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF) podem ser considerados como resíduos não contaminados e especiais, podendo ser utilizados em vários elementos, inclusive estruturais até um certo limite e não estruturais. Mas apesar dessa vantagem, o processamento para obter os RCPF requerem máquinas especiais de grande porte.

Outra análise diz respeito ao fato que os RCPF gerados causam impactos significativos devido ao grande volume depositado em aterros, estoques de inertes em fábricas e aumentam indiretamente o consumo elevado de recursos naturais para a produção dos componentes danificados. Portanto, podem ser estudadas formas que estimulem a reutilização dos resíduos gerados pelo pré-fabricado de concreto, bem como ajudar a mitigar os impactos ambientais decorrentes desse sistema construtivo.

Segundo a Associação da Indústria de Pré-fabricados do Reino Unido (*British Precast Concrete Federation* (BPCF), na língua inglesa), o desenvolvimento sustentável busca, simultaneamente, melhor qualidade de vida para todos com alcance de resultados econômicos, sociais e ambientais (British Precast, 2019). Uma

das estratégias promovidas pela BPCF, é a definição de um procedimento para gerenciar os resíduos de forma eficaz e minimizar o descarte de resíduos em aterros.

Os subprodutos de concreto reciclado podem dar origem aos Agregados de Concreto Reciclado (*Recycled Concrete Aggregates* (RCA), na língua inglesa) quando os resíduos atenderem determinadas características e situações. Os RCA e os produtos derivados podem ser classificados como “ativos” de uma organização, podendo usufruir das estratégias de gerenciamento de ativos (Lima; Costa, 2019). Para melhor eficiência deve-se atentar a todo o ciclo de vida de um ativo, desde sua aquisição até seu descarte ou eventual reaproveitamento ou reciclagem. Deste modo, surge a necessidade de aplicar formas mais eficazes de gerenciamento, e é nesse contexto que se insere a gestão de ativos de engenharia, como no caso dos pré-fabricados de concreto.

De acordo com Gomes *et al.* (2009), os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) podem ser utilizados para resolver problemas, nos quais há a presença de subjetividade e necessidade de um processo bem definido que possibilite estruturar um contexto incerto e conflituoso. Nesse sentido, Roy (1996) recomenda que o SAD seja aplicado para ambientes singulares, em que haja ausência de fatos claros, demandando um processo evolutivo ao longo do tempo, e não para tomada de decisão apenas em um dado momento.

Atualmente, na literatura é possível encontrar diversos tipos de métodos de tomada de decisão, entretanto, o que mais se enquadra no presente estudo é o método Análise Hierárquica de Processos (*Analytic Hierarchy Process* (AHP), na língua inglesa). O método AHP oferece ao usuário a possibilidade de atribuir pesos relativos a múltiplos critérios de maneira intuitiva, permitindo uma comparação entre eles (Goepel, 2018). Essa abordagem facilita a tomada de decisão, pois o usuário define o objetivo principal e, entre as alternativas disponíveis, escolhe qual o critério considera mais importante e qual peso esse critério possui em sua decisão.

Diante disso, identificou-se a possibilidade de aplicar o método AHP como ferramenta de apoio a tomada de decisão, para apoiar as decisões inerentes ao gerenciamento dos RCPF. Esta pesquisa busca contribuir para a lacuna existente na literatura científica em relação aos métodos de tomada de decisão voltados para o gerenciamento dos RCPF.

Para embasar este estudo, foram consultadas pesquisas relevantes na área da engenharia civil, como as de Ventura (2009), Mattana *et al.* (2012), Zeule (2018), Lucena e De Mori (2018), Suquizaqui (2020), Direitinho (2020), Rosa, Carvalho e Haddad (2020) e Saud, Al-gahtani e Alsugair (2022). Estes autores convergem e destacam o método AHP como uma importante ferramenta no processo de tomada de decisão.

1.1 JUSTIFICATIVA

Observa-se, na literatura correlata, que diversas pesquisas foram realizadas com o intuito de comprovar a viabilidade técnica da utilização do agregado reciclado em concretos (Leite, 2009; Etxeberria *et al.*, 2007; Zega; Dimario, 2011), argamassas (Corinaldesi, 2009) e na fabricação de blocos de concreto (Butler, 2007).

O uso do agregado reciclado em concretos para fins não estruturais também é explorado em pesquisas como as de Bravo *et al.* (2015) e Alexandridou, Angelopoulos e Coutelieris (2018), que avaliaram o desempenho de concretos com esse material em aplicações como pisos e painéis de vedação. Ressalta-se também a revisão de literatura realizada por Resende *et al.* (2022) que aborda a incorporação de resíduos de construção e demolição no concreto de maneira abrangente.

Além disso, nos trabalhos de Sealey *et al.* (2001), Tam e Tam (2007), Kazaz *et al.* (2015) e Vieira e Figueiredo (2016) observou-se que existem esforços técnicos vindos das usinas fabricantes de concreto juntamente com esforços científicos oriundos das pesquisas científicas que estão contribuindo para a gestão do processamento do resíduo do tipo fresco.

No que se refere à utilização de agregados reciclados provenientes dos RCPF em concretos, nota-se uma escassez de estudos aprofundados sobre o tema. A geração de um volume considerável de RCPF com potencial para ser transformado em agregados reciclados foi evidenciada por Sarti Junior, Bazílio e Serra (2021). Segundo os autores, a maior parte desse material origina-se de elementos reprovados no controle de qualidade ou no processo de produção, devido ao método de fabricação e aos equipamentos utilizados, que podem gerar excedentes de material que são posteriormente descartados.

No Brasil, a baixa disponibilidade de máquinas e equipamentos específicos para o processamento dos RCPF representa um desafio adicional. Os equipamentos

utilizados para processar os RCC não possuem capacidade adequada para lidar com as características dos RCPF, o que limita o seu reuso em larga escala.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece diretrizes para a gestão de resíduos sólidos, priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada (Brasil, 2010). É importante destacar que a PNRS não obriga a reciclagem dos resíduos de forma direta, ela incentiva e fomenta a reciclagem, mas a decisão final sobre a destinação dos resíduos cabe ao gerador.

Em alguns países, a reciclagem de resíduos da construção civil é obrigatória e regulamentada por leis específicas, como a *Bauabfallverordnung* (BauAbfV) na Alemanha, que exige a reciclagem ou reutilização de pelo menos 95% dos materiais de construção e demolição. A legislação da Espanha, por meio da *Ley de residuos y suelos contaminados*, estabelece uma taxa de 70% para reciclagem e reuso desses materiais. Já na Itália, o Decreto Legislativo 3 *aprile* 2006, n. 152 determina que todos os resíduos de construção e demolição sejam separados e destinados à reciclagem ou reuso (Deus; Battistelle; Silva, 2017).

De uma forma geral, nas pesquisas citadas as estratégias utilizadas foram, principalmente, a minimização da geração, gerenciar o descarte dos resíduos e o aumento das práticas de reciclagem ou de reutilização. Entretanto, verifica-se que existe uma carência nos estudos sobre métodos de tomada de decisão para apoiar os procedimentos de gestão dos resíduos de concreto provenientes de elementos pré-fabricados.

1.1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais fatores devem ser levados em conta na análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica durante o processo de tomada de decisão para destinação do resíduo de concreto oriundo de empresas fabricantes de concreto pré-fabricado?

1.1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação deste estudo foi definida considerando a compreensão das estratégias possíveis para destinação sustentável dos RCPF gerados nas fábricas. Foram convidados profissionais atuantes no setor por meio de mensagens distribuídas nas redes de contato sociais e pessoais dos pesquisadores. As reflexões

apresentadas dizem respeito somente à amostra participante da pesquisa, não podendo ser generalizada.

Foram definidos três cenários específicos para a definição da melhor estratégia. Esses foram definidos a partir da elaboração de um capítulo de livro (Serra; Soares; Sarti Junior, 2023), em cujo texto foi abordado uma proposta teórica para reflexão sobre o gerenciamento de ativos aplicado ao concreto reciclado. Por meio desta participação foi possível identificar e classificar as principais estratégias encontradas na literatura, e propor os cenários para a coleta dos dados que irão apoiar a tomada de decisão.

Além disso para subsidiar a pesquisa, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), publicada em Sarti Junior, Serra e Biotto (2024), para estudar as estratégias de gerenciamento dos RCPF e sua relação com os métodos de tomada de decisão apresentadas na literatura. A conclusão da RSL foi utilizada como suporte e estruturação desta pesquisa de que os métodos de tomada de decisão para gestão dos RCPF não são amplamente aplicados no Brasil, surgindo assim um gargalo a ser estudado e debatido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GERAL

O objetivo geral é aplicar o método de tomada de decisão AHP para fornecer suporte e as informações necessárias na avaliação e definição da melhor destinação dos resíduos provenientes do concreto pré-fabricado.

1.2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar as principais estratégias utilizadas no Brasil e no exterior para a reciclagem dos RCPF no estado endurecido;
- Verificar as principais fontes geradoras de RCPF no âmbito industrial;
- Verificar a existência de centrais de processamento que realizam o processamento dos RCPF;
- Apresentar aos especialistas que existem outras formas de destinar os RCPF além de descartá-los em aterros de materiais inertes, estimulando uma reflexão

crítica sobre as atividades envolvidas nesse processo e promovendo práticas que visem uma destinação consciente dos resíduos e fomentem a sustentabilidade.

- Propor a utilização de um fluxograma para estruturar o método de tomada de decisão e definir o objetivo, critérios e alternativas disponíveis para a destinação dos RCPF.

1.3 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

O Capítulo 1 introduz o assunto dos RCC dando enfoque nos RCPF e contextualiza a problemática da falta de critérios para destinação dos resíduos, conseqüentemente, caracterizando-se como a lacuna que o estudo preenche. Além disso, ressalta a importância da aplicação de um método de tomada de decisão para o descarte correto dos resíduos, que seja específico para as condições da construção civil e leve em conta as questões da sustentabilidade.

O Capítulo 2 explora os principais conceitos relacionados ao concreto pré-fabricado e à sustentabilidade na construção civil, fornecendo um panorama geral sobre esses temas, incluindo os RCC e os RCPF. O capítulo também detalha o processamento e a caracterização dos RCC e RCPF, além de abordar a produção de concreto reciclado utilizando agregados reciclados.

O Capítulo 3 aborda estratégias e ferramentas utilizadas em sistemas de gerenciamento e apoio à decisão, destacando os métodos mais utilizados. O capítulo aprofunda-se no método AHP, detalhando suas características e aplicações. Além disso, apresenta os estudos que utilizam o método AHP como base, demonstrando sua relevância na área.

O Capítulo 4 detalha o método de pesquisa proposto para este estudo, incluindo a identificação dos fatores críticos de sucesso, identificados por meio de pesquisa e análise bibliográfica; a Matriz SWOT (*Strengths* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças)), elaborada para analisar os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças do método proposto; a aplicação do método AHP, utilizado para priorizar os critérios de avaliação do método e apoiar a seleção da melhor alternativa para destinação dos RCPF.

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do método AHP, discutindo-os de modo aprofundado na sequência.

O Capítulo 6 aborda as considerações finais sobre a pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentados as referências bibliográficas consultadas e os apêndices gerados durante o desenvolvimento da pesquisa. O Apêndice A apresenta as entrevistas realizadas com os especialistas da área para o aprimoramento desta pesquisa. O Apêndice B contém as instruções fornecidas aos especialistas para responderem ao questionário. O Apêndice C apresenta o questionário elaborado para a coleta de dados junto aos especialistas. O Apêndice D reúne as respostas dos especialistas e o Apêndice E mostra a verificação dos resultados do método AHP realizada no *software* IPÊ.

2. A PRÉ-FABRICAÇÃO DE CONCRETO E A SUSTENTABILIDADE

Para melhor entendimento sobre o assunto da presente pesquisa, a seguir são apresentados os principais conceitos relacionados aos assuntos dos pré-fabricados de concreto e a sustentabilidade na construção civil.

2.1 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Atualmente, a demanda por edifícios pré-fabricados tem aumentado, principalmente em projetos de infraestrutura para empreendimentos públicos, habitação social e transporte (Doniak, 2020).

O pré-fabricado de concreto é um sistema estrutural que oferecem diversos benefícios por meio de vários elementos que vão desde pisos e tetos a grandes elementos estruturais com diferentes tamanhos, acabamentos, cores e texturas. Além disso, a combinação desses elementos oferece para projetistas, construtores e especificadores infinitas possibilidades de aplicações. Acker (2002) aponta que no Brasil os tipos sistemas estruturais de concreto pré-fabricado mais utilizados são as estruturas aporricadas, estruturas em esqueleto, estruturas em painéis estruturais, estruturas para pisos, sistemas para fachadas e os sistemas celulares.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) 9062:2017, o sistema construtivo pré-fabricado refere-se às peças de concreto produzidas industrialmente, as quais são confeccionadas sob rigorosas condições de controle de qualidade, que passam por laboratórios de teste de carga, mão de obra especializada e fora do local de utilização definitiva (ABNT, 2017).

Segundo Lima e Gomes (2022) embora semelhante, o sistema pré-moldado apresenta diferenças significativas. Enquanto as peças pré-fabricadas são produzidas em fábricas especializadas e depois transportadas ao local de uso, as peças pré-moldadas geralmente são confeccionadas no próprio canteiro de obras ou em locais próximos, o que pode influenciar a logística, o controle de qualidade e a utilização de mão de obra.

Para este tipo de sistema construtivo, as normas brasileiras NBR 14931 (ABNT, 2023) e NBR 12655 (ABNT, 2022) contemplam diretrizes para a execução de estruturas de concreto e a forma de preparo, controle, recebimento e aceitação, respectivamente.

No Brasil, algumas empresas de pré-fabricados podem possuir duas linhas de produção diferentes. A primeira, que é a principal, se dedica à fabricação dos elementos estruturais, enquanto a segunda, se existente, pode contemplar os elementos não estruturais, também conhecidos como artefatos de concreto.

A utilização de pré-fabricados requer análises, incluindo local de seleção de materiais, *design* de elementos, métodos de transporte e construção, organização e layout da fábrica, controle de estoque e planejamento de produção (Chan; Hu, 2002; Chen; Yang; Tai, 2016).

Para Wang e Hu (2017), a pré-fabricação introduz a industrialização em algumas etapas do projeto de uma construção, ou seja, um determinado elemento estrutural pode ser produzido, em um local com maior controle tecnológico, fora do local de instalação.

O concreto pré-fabricado, na grande maioria das vezes, são elementos personalizados de grandes dimensões, os quais requerem um projeto bem definido para produção juntamente com um plano de entrega. Para isso, as fábricas trabalham em sinergia com os projetistas definindo o material, dimensões e requisitos de resistência (Wang *et al.*, 2012).

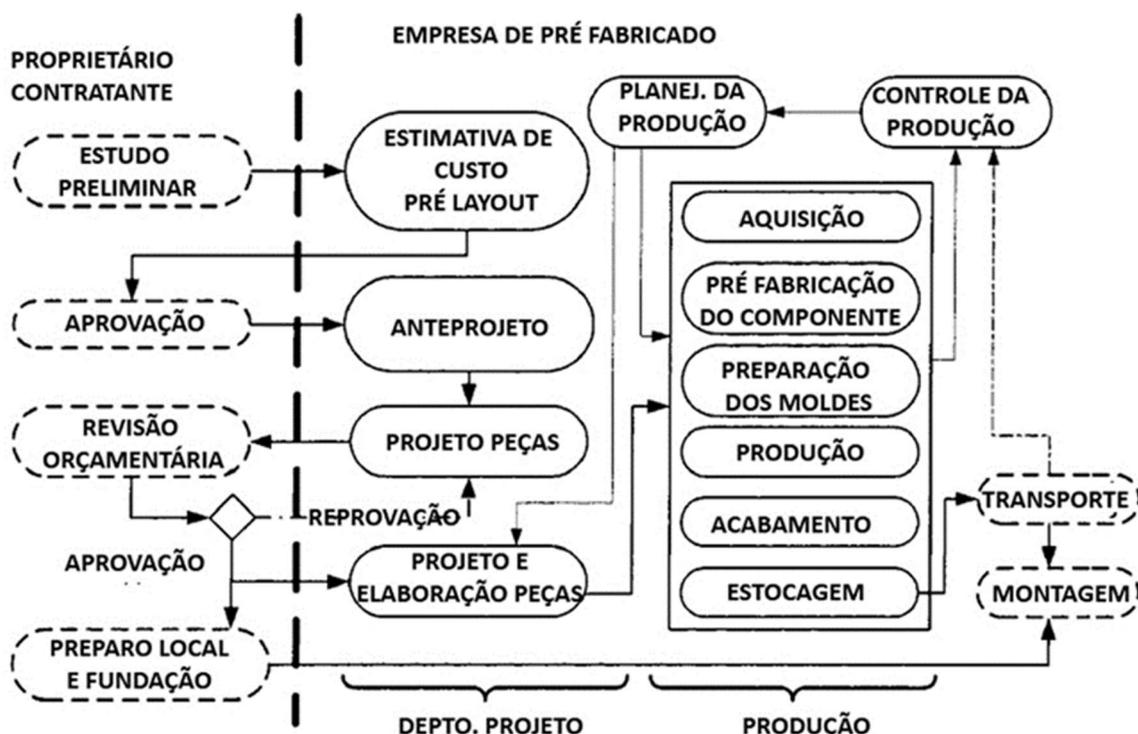
Para Acker (2002) para que o uso dos elementos pré-fabricados de concreto seja mais viável, e se todo o seu potencial seja explorado, o projeto, desde o início, deve ser elaborado levando em conta as características físicas e a segurança da estrutura. Em 2003, a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) criou o Selo de excelência ABCIC, cuja finalidade é garantir o crescimento ordenado, confiável, com qualidade, sustentabilidade e segurança dos produtos pré-fabricados (Gobbo; Serra; Ferreira, 2009). Para ABCIC (2020), a certificação está alinhada com o conceito de sustentabilidade, pois recomenda não só conceitos de qualidade, mas também responsabilidade social, segurança e meio ambiente.

2.1.1 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Segundo Sacks (2004), a concepção e produção de componentes pré-moldados de concreto é complexa e composto de múltiplas atividades que possuem respostas diferenciadas. Para Chen, Yang e Tai (2016), os métodos de produção usados para fabricação de elementos pré-fabricados estão, progressivamente, se tornando insuficientes para atender às demandas comerciais de variabilidade e diversidade das peças, pois a maioria das fábricas de pré-fabricação possuem linhas de produção fixas para produzir elementos estruturais, tais como, vigas, lajes e pilares.

Além disso, o processo de fabricação de elementos pré-fabricados precisa ser revisto, e, adaptado para implementar medidas de sustentabilidade, ou seja, melhorias tanto no controle dos recursos como na produção e no controle de qualidade (Chen; Yang; Tai, 2016). A Figura 1 representa o processo genérico de produção dos componentes pré-moldados numa empresa fabricante de acordo com Sacks (2004).

Figura 1: Processo de produção numa empresa de pré-fabricados de concreto



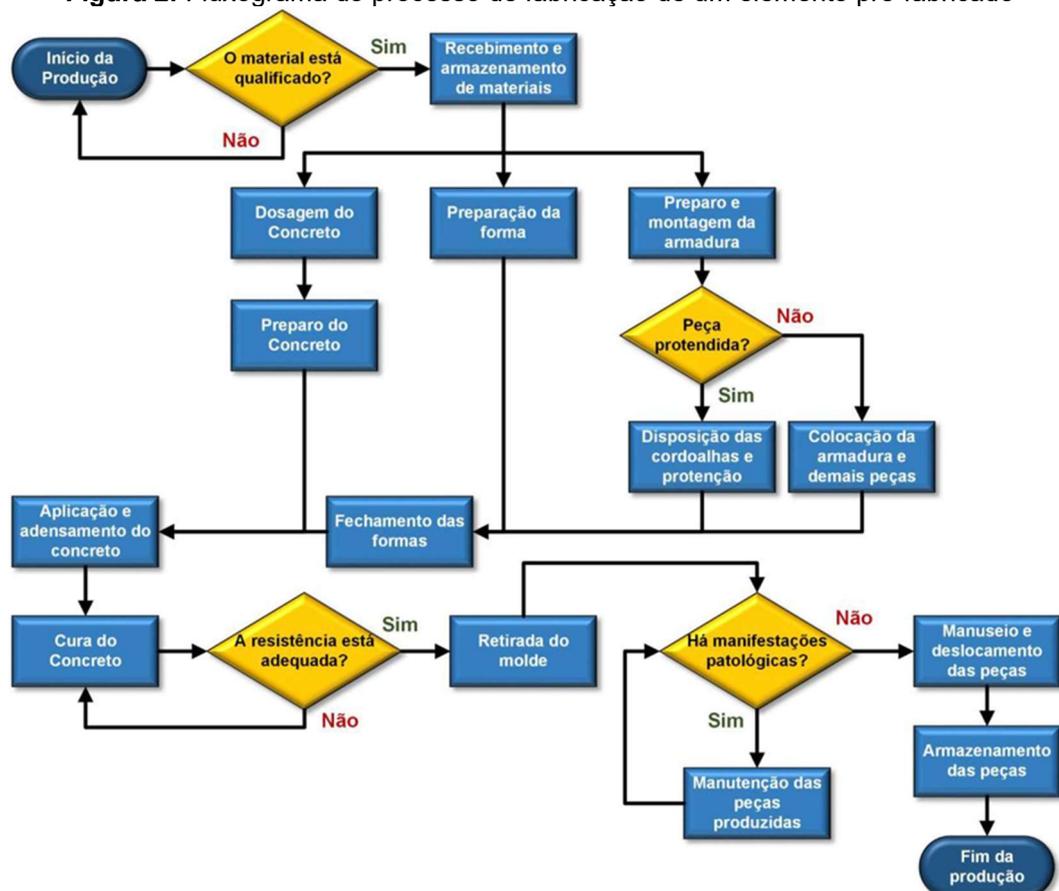
Fonte: Adaptado de Sacks (2004).

Segundo Spadeto (2011), no processo de fabricação de elementos pré-fabricados, os responsáveis pela produção e controle de qualidade devem seguir o manual técnico elaborado pela própria empresa, o qual deve conter especificações e

procedimentos relacionados à forma, aço, concreto, manuseio e armazenamento e tolerâncias exigidas. Nesse sentido, é importante que todas as etapas sejam registradas por escrito em documentos apropriados, os quais devem indicar claramente a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizado e a assinatura do fiscal responsável pela liberação de cada etapa de produção.

Segundo Matt *et al.* (2014), as etapas que requerem maior atenção são o armazenamento dos elementos no local de fabricação, a logística para o transporte dos elementos prontos para a obra e o posicionamento correto dos elementos nos locais pré-definidos na obra. Na Figura 2, apresenta-se um esquema simplificado do processo de fabricação de um elemento pré-fabricado, tendo início no recebimento dos materiais intervenientes até a etapa de desmoldagem, seguida pelo manuseio e o armazenamento das peças.

Figura 2: Fluxograma do processo de fabricação de um elemento pré-fabricado



Fonte: Adaptado de Moreira (2009).

Deste modo, a utilização do sistema estrutural composto por elementos pré-fabricados requer a elaboração de um estudo detalhado, no qual deverá contemplar as atividades inerentes ao processo de carregamento e prever, com precisão, o tempo requerido para montagem, além de identificar e dimensionar os equipamentos necessários para o transporte e elevação, devido ao peso, e comprimento dos elementos (Rauch *et al.*, 2015).

2.2 SUSTENTABILIDADE DOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

O sistema construtivo de pré-fabricação de elementos de concreto é um sistema que oferece inúmeros benefícios, por meio de produtos que variam desde pisos e coberturas a grandes elementos estruturais com diversos tamanhos, acabamentos, cores e texturas. A composição destes elementos oferece aos projetistas, construtores e especialistas uma infinidade de possibilidades. A constante inovação de projetos, tecnologias e propriedades dos produtos sustentam este sistema através do uso, reuso e reciclagem (European, 2009).

Neste sentido, percebe-se que a indústria de pré-fabricados de concreto vem trabalhando de forma organizada, buscando inserir a sustentabilidade local e social, não só no Brasil. O desenvolvimento sustentável na Europa, segundo a Associação da Indústria de Pré-fabricados do Reino Unido (*British Precast Concrete Federation* (BPCF), na língua inglesa), visa proporcionar uma melhor qualidade de vida para todos com alcance de resultados sociais, econômicos e ambientais simultaneamente (British Precast, 2020).

Em 2007, a BPCF publicou um documento conhecido como “Carta da Sustentabilidade” (*Sustainability Charter*, na língua inglesa), como o objetivo de encorajar as empresas a irem além da legislação e adotarem ações voluntárias para tornar seus produtos e operações mais sustentáveis.

Para isso, um conjunto de princípios de sustentabilidade para o concreto pré-fabricado foi desenvolvido com base nas principais questões de sustentabilidade enfrentadas pela indústria de pré-fabricados.

Na Figura 3, apresenta-se um diagrama com os principais problemas identificados pela *British Precast*.

Figura 3: Diagrama com os problemas em que as indústrias de concreto pré-fabricado estão sujeitas



Fonte: Adaptado de *British Precast* (2007).

Observando-se o diagrama da Figura 3, verifica-se que a indústria de concreto pré-fabricado, em relação à questão da sustentabilidade, está sujeita a diversos princípios que, se forem atendidos de forma simultânea, podem promover a obtenção de resultados satisfatórios.

Quando a carta foi publicada, em 2007, somente dezessete empresas aderiram ao programa, entretanto, ao longo dos anos o número de empresas participantes aumentou. A partir de 2014, o programa conhecido como *Charter and Auditing* tornou-se obrigatório para empresas que desejam se associar à *British Precast* (British Precast, 2022). Desta forma, a BPCF exige que todos os membros plenos da federação assinem uma carta autorizando que, anualmente, suas instalações sejam auditadas para garantir que todos os quinze princípios sejam cumpridos, sendo estes:

1. Desenvolver produtos que melhorem a qualidade e sustentabilidade do ambiente construído;
2. Medir, relatar e melhorar o desempenho em questões de sustentabilidade;
3. Gerenciar todos os fluxos de resíduos de forma eficaz e minimizar o descarte de resíduos em aterros;
4. Minimizar a poluição e as emissões associadas à produção com produção e transporte;
5. Usar energia de forma mais eficiente e minimizar a demanda de abastecimento da rede elétrica;

6. Usar matéria-prima com mais eficiência e promover o uso de materiais secundários;
7. Usar a água de forma mais eficiente e minimizar a demanda de abastecimento de água da rede pública;
8. Operar de maneira responsável para proteger os funcionários, contratados e visitantes;
9. Operar de forma eficiente e financeiramente sustentável, sem comprometer aspectos jurídicos, de qualidade ou princípios de sustentabilidade;
10. Operar de acordo com os mais altos padrões éticos necessários para desenvolver uma força de trabalho qualificada e competente;
11. Operar com os mais altos padrões de qualidade necessários para satisfazer os clientes e consumidores;
12. Proteger e melhorar o ambiente natural adjacente ou afetado pela produção de pré-moldados;
13. Estabelecer uma ligação eficaz com as comunidades locais para promover a compreensão e o respeito mútuos;
14. Reconhecer que a competição incentiva o desenvolvimento de produtos e práticas mais sustentáveis; e
15. Trabalhar de forma construtiva com outras organizações para fornecer políticas e práticas sustentáveis.

Em 2003, a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) criou o Selo de Excelência, um programa que atesta o compromisso das empresas fabricantes do setor com a qualidade, a segurança, a responsabilidade social e o meio ambiente. O Selo de Excelência ABCIC se baseia na norma brasileira NBR 9062 (ABNT, 2017), que estabelece requisitos de desempenho para produtos pré-fabricados de concreto, e na norma NBR ISO 9001 (ABNT, 2015), que define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade (ABCIC, 2020).

A certificação com o Selo de Excelência ABCIC é um processo evolutivo para as empresas, dividido em três níveis I, II e III. As empresas podem iniciar pelo nível III, o mais simples, e progredir para os níveis II e I à medida que atendem aos requisitos cada vez mais rigorosos. Cada nível do Selo de Excelência ABCIC exige um conjunto específico de critérios a serem cumpridos, abrangendo:

- Nível III: Implementação de um sistema de gestão da qualidade e atendimento aos requisitos básicos de produção de concreto pré-fabricado;
- Nível II: Aprimoramento do sistema de gestão da qualidade, implementação de controles de processo mais rigorosos e atendimento a requisitos mais exigentes de produção e controle de qualidade; e
- Nível I: Adoção das melhores práticas de gestão da qualidade, implementação de um sistema de gestão ambiental e demonstração de excelência em todos os aspectos da produção de concreto pré-fabricado.

Ruiz, Santos e Fontanini (2018) realizaram um estudo junto a empresas de pré-fabricados de concreto com o objetivo de identificar os benefícios e as dificuldades da certificação ABCIC, o Selo de Excelência. O estudo revelou que as principais dificuldades estão relacionadas à resistência dos funcionários à implementação de novos procedimentos e à falta de capacitação da mão de obra. Já os benefícios da certificação incluem maior visibilidade da empresa perante fornecedores, melhorias significativas nos processos produtivos e na qualidade dos produtos, além de maior vantagem competitiva no mercado.

No estudo realizado por Zeule e Serra (2015) as autoras buscaram apresentar estratégias de boas práticas e experiências de gestão ambiental, as quais tem acontecido no Brasil e no exterior, de forma a divulgar e conscientizar os setores que utilizam o concreto e que visam o uso e fabricação do pré-fabricado de concreto de maneira mais sustentável.

A principal estratégia observada por Zeule e Serra (2015) está relacionada com o uso de materiais reciclados na produção de pré-moldados por meio da incorporação de agregados reciclados, provenientes dos resíduos de elementos gerados por problemas durante as fases de produção, transporte, montagem ou demolição. Outra estratégia adotada foi o uso de componentes pré-fabricados, onde os elementos são produzidos “sob medida” conforme a necessidade do projeto, resultando em menos sobras e, conseqüentemente, menor produção de resíduos. Um benefício indireto observado foi que houve melhorias no desempenho térmico das edificações promovido pela redução no uso de aparelhos de ar-condicionado, o que implicou em uma redução na emissão de carbono.

Segundo Krell e Castro (2020), as políticas públicas são essenciais para promover a sustentabilidade, pois fornecem diretrizes e incentivos necessários para a

adoção de práticas ambientalmente responsáveis em todos os setores da sociedade. No Brasil, essas políticas ajudam a mitigar os impactos ambientais das atividades econômicas, preservar os recursos naturais e garantir um desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Um exemplo de política pública no Brasil é a Política Nacional de Economia Circular (PNEC), proposta pelo Projeto de Lei nº 1874 de 2022 e ainda em tramitação na Câmara dos Deputados. Esta iniciativa tem como objetivo promover a sustentabilidade no país por meio da implementação de um modelo de gerenciamento econômico sustentável (Brasil, 2022).

A PNEC visa reduzir o impacto ambiental causado pelas atividades produtivas desenvolvidas no Brasil, além de promover o desenvolvimento social. No contexto dos resíduos sólidos, a PNEC propõe reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterros e incineradoras, diminuir a poluição ambiental, a geração de emprego e renda na gestão de resíduos, estimular a inovação tecnológica e o desenvolvimento de novos negócios, além de contribuir para a conservação dos recursos naturais e a construção de um futuro mais sustentável.

Outra forma de promover a sustentabilidade no âmbito da pré-fabricação de elementos de concreto é a redução da pegada de carbono. Isso pode ser alcançado por meio da aplicação de estratégias que visam diminuir as emissões de gás carbônico (CO₂) em todas as etapas de produção, desde a escolha da matéria prima até a logística e utilização da estrutura.

Na composição do elemento pré-fabricado, uma das principais matérias-primas é o cimento, que pode ser obtido a partir da mistura de rocha calcária e argila, sendo exposto a altas temperaturas, dando origem ao clínquer, material granuloso composto por silicatos hidráulicos de cálcio. Segundo Cardoso (2020), a maior parte das emissões de CO₂ na produção do concreto ocorre pela queima dos minerais para a formação do clínquer.

Diante dessa informação, diversas pesquisas foram realizadas com o intuito de mitigar as emissões de CO₂ causadas pelo concreto, por meio da substituição do cimento por materiais alternativos. Uma das importantes iniciativas para promover a diminuição do uso de clínquer na fabricação de cimentos pela indústria é por meio da utilização de resíduos de siderúrgicas, como a escória de alto-forno, resultando em menos queima de calcário e argila na produção de clínquer (Oliveira *et al.*, 2014).

As pesquisas apresentadas corroboram com a Agenda 2030, que é um plano global adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, que estabelece metas para o desenvolvimento sustentável em todo o mundo. Ela inclui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que abrangem áreas como saúde, educação, igualdade de gênero e proteção ambiental (ONU, 2015).

Um dos ODS relacionados à construção civil é o ODS 11, que aborda o contexto sobre cidades e comunidades sustentáveis. Este objetivo visa tornar as cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis até 2030. Isso envolve a melhoria do planejamento urbano, o desenvolvimento de infraestruturas sustentáveis e a redução do impacto ambiental das construções.

Para Locatelli, Bernadinis e Amaral (2020), a construção civil desempenha um papel crucial na promoção do ODS 11, implementando práticas de construção sustentável, como o uso de materiais alternativos aos tradicionais, conhecidos como materiais ecoeficientes, técnicas de construção que reduzem o consumo de energia e água, e projetos que promovem a acessibilidade e a qualidade de vida nas cidades.

Neste sentido, a busca por materiais com baixa pegada de carbono, com desempenho e durabilidade satisfatórios, deve ser incentivada. O uso desses materiais é apontado como capaz de diminuir as emissões dos gases do efeito estufa, pois, por serem menos processados, tornam-se melhores, priorizando o uso de materiais naturais facilmente absorvidos pelo ambiente (Vigoderis, 2024).

Além dos materiais ecoeficientes, existem técnicas que reduzem a pegada de carbono e que podem ser aplicadas no setor da construção civil. Essas estratégias visam diminuir os impactos ambientais das construções, incluindo o uso de energia renovável (solar e eólica), o reaproveitamento de águas residuais de processos, a captação de água da chuva e o planejamento de otimização de atividades conjuntas (Silva; Poznyakov, 2020).

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Barros (2017) afirma que, no Brasil, a preocupação com o tratamento de resíduos sólidos teve seus primeiros registros em 1989, após a criação da Lei 354, a qual dispõe sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde.

Em julho de 2002 surge a implementação do regimento nº 307/2002 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que visa estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil com o intuito de evoluir seus processos de gerenciamento, possibilitando a extensão do ciclo de vida de muito resíduos que anteriormente eram dispostos em aterros de inertes.

Dentre as principais exigências da Resolução nº 307/2002 do CONAMA (2002), mais precisamente em seu Art. 5, a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil outorgado aos municípios e ao Distrito Federal, o qual deve compreender o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), bem como Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

Anos depois, em agosto de 2010, é homologada a Lei de Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece instrumentos e diretrizes para os setores públicos e as empresas lidarem com os resíduos gerados, onde é exigido que as organizações sejam transparente com o gerenciamento de seus resíduos bem como apliquem metas de conservação e reciclagem com o intuito de diminuir os danos oriundos de resíduos sólidos. De acordo com o artigo 1º desta Lei:

Art. 1º Esta lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (Brasil, 2010).

Ainda, segundo a definição proposta pela PNRS resíduos sólidos são definidos como:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).

Nesse sentido, a PNRS dispõe que os resíduos sólidos podem ser classificados:

I. Quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas a e b;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas b, e, g, h e j;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea c;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; e
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

II. Quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; e
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea a.

Bozzini e Schalch (2022) sintetizaram as responsabilidades do gerenciamento por tipos de resíduos de acordo com as diretrizes da PNRS conforme é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Responsabilidade pelos resíduos sólidos, segundo a PNRS

Origem dos Resíduos Sólidos	Responsável
Resíduos domiciliares	Poder público
Resíduos de limpeza urbana	Poder público
Resíduos sólidos urbanos	Poder público
Resíduos de estabelecimentos comerciais prestadores de serviços	Poder público
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Poder público
Resíduos industriais	Gerador
Resíduos de serviços de saúde	Gerador
Resíduos da construção civil	Responsabilidade compartilhada
Resíduos agrossilvopastoris	Responsabilidade compartilhada
Resíduos de serviços de transportes	Responsabilidade compartilhada
Resíduos de mineração	Gerador
Resíduos de significativo impacto ambiental – SMA 038/2011	Responsabilidade compartilhada

Fonte: Bozzini e Schalch (2022).

Antigamente as empresas não priorizavam questões ambientais na tomada de decisões, seu enfoque estava na maximização do lucro. Entretanto, atualmente, as organizações têm adotado uma postura mais responsável face ao meio ambiente e a sociedade, criando medidas preservacionistas e de cunho social. Esse posicionamento não se deve apenas pelo senso de responsabilidade, mas também porque ações nesta área estão sendo valorizadas pela sociedade.

2.3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A etapa de caracterização dos resíduos sólidos da construção civil e demolição (RCC) se faz necessária, pois abrange a identificação e a quantificação dos resíduos. Assim, possibilitando o planejamento que visa a reutilização, a redução, a reciclagem e a destinação final dos resíduos (Lima, 2012).

Conforme a Resolução nº 307/2002 do CONAMA (2002), os RCC são procedentes de reformas, reparos, construções e demolições de obras de edificações e dos decorrentes da produção e da escavação de terrenos, como: madeiras, forros,

concreto em geral, metais, argamassas, entre outros materiais característicos dessas atividades. normalmente definidos de entulhos de obras.

A NBR 10004:2004 (ABNT, 2004) categoriza os resíduos sólidos, sem especificar quais, em três classes:

- a) Classe I - Resíduos perigosos;
- b) Classe II A - Resíduos não perigosos e não inertes; e
- c) Classe II B - Resíduos não perigosos e inertes.

De maneira específica, os RCC são classificados conforme a Resolução nº 307/2002 (2002) apresentado no Quadro 2.

Esta forma de classificação é utilizada visando o manejo e descarte correto dos resíduos. As Classes A e B devem ser majoritariamente enviadas para reciclagem ou reutilizáveis, a Classe C, composta por resíduos que não são passíveis de reciclagem, desse modo devem ser descartadas por empresas especializadas, e os de Classe D, que são classificados como perigosos, devem ter seu descarte final realizado por empresas especializadas no descarte correto de resíduos.

Quadro 2: Classificação dos resíduos da construção civil

Classe	Características
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002).

Neste sentido, com a finalidade de controle, os municípios delegam esta responsabilidade aos geradores de resíduos, que elaboram seus respectivos planos. No que se refere aos geradores de resíduos, a Resolução CONAMA nº 307/2002 (2002) os define como pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, que geram algum volume de resíduos em obras executadas.

Para Cristo *et al.* (2014), é importante classificar os RCC para que quando estes chegarem em uma unidade recicladora seja possível separá-los e destiná-los ao tratamento correto, pois as operações de uma usina de reciclagem de resíduos com origem na construção civil envolvem desde o recebimento dos materiais brutos até a separação e estocagem.

2.3.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Linhares, Ferreira e Ritter (2007), a caracterização dos tipos de resíduos, além da promoção das práticas de minimização e reutilização dos resíduos, classifica os resíduos de construção e demolição de forma mais homogênea, visto que, estes apresentam características diversas e sua destinação varia de acordo com suas características. Assim, ao dividir os resíduos em classes se garante mais eficiência no processo de destinação dos mesmos, seja por meio de reciclagem, reutilização ou disposição final.

A preocupação com o meio ambiente e as graves consequências do efeito da sua intensa exploração têm motivado o estudo e desenvolvimento de pesquisas e de novas tecnologias com o objetivo de minimizar os efeitos causados no planeta. A indústria da construção civil no Brasil é caracterizada como a atividade que mais consome recursos naturais e produz resíduos, além de apresentar produtividade relativamente baixa e pouco controle na produção (Hedre, 2010; Lintz *et al.*, 2012).

No Brasil, estima-se que a produção dos RCC é superior a 70 milhões de toneladas por ano, representando cerca de 50% da massa total dos resíduos sólidos urbanos produzidos (Contreras *et al.*, 2016). Entretanto, somente uma parcela desse volume produzido são reciclados (cerca de 6,14%) e o restante são destinados à aterros inertes ou de forma ilegal são depositados em terrenos baldios e estradas (Tam *et al.*, 2018).

Geralmente, os RCC são constituídos por restos de argamassas, tijolo, concreto, cerâmica e metais, os quais, na grande maioria das vezes, são descartados em aterros de resíduos inertes devido à ausência de mercado para suas formas recicladas (Duran *et al.*, 2006).

Além disso, existem os resíduos de concreto produzidos pela demolição, seja de edifícios antigos, os quais podem ser classificados com abandonados ou sem função, ou de algum prédio que por decisões técnicas ou comerciais será demolido. Assim, os materiais inertes que os constituem podem ser reutilizados, evitando o

descarte em aterros de resíduos inertes. Tal prática tem sido observada em diversos países e estão evoluindo em suas regulamentações, melhores práticas e investimento em pesquisas (Makul *et al.*, 2021).

2.3.3 RESÍDUOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO (RCPF)

Ao realizar esta pesquisa, identificou-se a necessidade de atribuir uma nomenclatura específica para os resíduos de concreto pré-fabricado, gerados nas indústrias e fábricas do segmento. Geralmente, os resíduos sólidos da construção civil e demolição são identificados de forma coletiva como RCC. No entanto, os resíduos de concreto pré-fabricado possuem características que os diferenciam dos RCC mais comuns, como derivados de alvenaria, argamassas, entre outros. Os RCPF possuem especificidades como a fonte de geração, características físicas (como grandes dimensões, peso elevado e dureza do material), além de requererem equipamentos específicos para o manejo e processamento.

Com isso, identificou-se a oportunidade de propor uma sigla para identificar esse tipo de resíduo. Diante disso, realizaram uma ampla pesquisa na literatura específica sobre resíduos de construção civil para identificar siglas existentes. Como não foram encontradas siglas para esse tipo resíduo, surgiu a necessidade de simplificar a apresentação deste tipo de RCC durante a pesquisa. A sigla proposta – RCPF – contempla os resíduos oriundos dos elementos de concreto pré-fabricados, produzidos por empresas do ramo em ambiente fabril, que sejam gerados ainda dentro do ambiente empresarial ou nas etapas seguintes do processo de produção.

Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos de concreto pré-fabricado podem ser classificados como resíduos da construção civil e demolição, devido apresentar características semelhantes quanto sua origem, composição e possibilidade de reutilização e reciclagem. Dessa forma, entende-se que os RCPF se enquadram como Classe IIB - Resíduos não perigosos e inertes.

De acordo com a PNRS, instituída pela Lei nº 12.305/2010, os RCPF também são classificados como resíduos da construção civil. Dentro dessa classificação, os RCC são categorizados conforme sua origem, composição e possibilidade de reutilização e reciclagem. Assim, os RCPF são oriundos de um sistema construtivo, o pré-fabricado, que utiliza como matéria-prima os agregados tradicionais, além de permitir sua reutilização e reciclagem.

Os RCC são divididos em quatro classes principais, de acordo com a Resolução nº 307/2002, e o RCPF pode ser classificado como Classe A, pois é um material que pode ser reutilizado ou reciclado por meio da transformação em agregados reciclados, os quais podem ser aplicados em novas construções.

Vale salientar que, de acordo com Carius (2020), os agregados reciclados provenientes de elementos pré-fabricados de concreto apresentam qualidade superior aos agregados reciclados tradicionais, os RCC, devido à homogeneidade dos materiais e ao rigoroso controle de qualidade aplicado durante a fabricação dos elementos pré-fabricados. Dessa forma, os agregados reciclados oriundos de elementos pré-fabricados podem ser considerados como agregados reciclados nobres (Estolano *et al.*, 2018).

Segundo Franqueto, Delponte e Franqueto (2020), a adoção de sistemas pré-fabricados de elementos de concreto apresentam-se como uma oportunidade para redução direta da geração dos resíduos em canteiro de obras, oferecendo benefícios no âmbito da sustentabilidade. Entretanto, ainda existem perdas de materiais durante as fases de fabricação e transporte dos pré-fabricados de concreto que devem ser mais conhecidas para serem corretamente mitigadas (Zeule; Serra, 2015).

Holton *et al.* (2010) apresentam quatro estudos de caso da indústria de concreto pré-moldado do Reino Unido com foco em soluções para melhoria da sustentabilidade. Neste estudo, foram realizadas entrevistas com o objetivo de investigar a forma que os gestores empresariais, da indústria de pré-moldados, têm gerenciado suas empresas com foco na sustentabilidade. Durante as entrevistas, os autores identificaram temas importantes que ajudam a explicar a posição de cada empresa em relação a como eles gerenciam para a sustentabilidade e a reciclagem e reutilização foi o tema que mais apareceu.

Sandrolini e Franzoni (2001) comentam que a prática de reciclagem de água em usinas de concreto é possível com o uso de bacias de sedimentação, desde que atendam aos critérios de desempenho adequados. O sedimento pode ser posteriormente descartado em aterros autorizados ou até mesmo reciclados.

Com foco nos resíduos provenientes da indústria de artefatos e pré-moldados de concreto, Melo (2009) realizou um estudo com o objetivo de propor uma metodologia que integra os princípios da produção mais limpa com as recomendações da Resolução nº 307 do CONAMA para a gestão de resíduos sólidos na construção

civil. Neste estudo, a implantação do modelo de gestão de resíduos sólidos foi realizada com base em dois processos aplicados em uma indústria de pré-moldados em Goiânia. Segundo a autora, por meio da implantação desse modelo, foi possível quantificar os resíduos gerados nos processos analisados e obter melhorias significativas por meio da implantação de oportunidades de produção mais limpa. Estas melhorias foram evidenciadas nos processos de caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação final dos resíduos. Como resultado desta pesquisa, a autora elaborou um banco de dados sobre a cadeia de resíduos nos processos estudados dentro da indústria. Este banco de dados poderá ser utilizado para a proposição de novas oportunidades de produção mais limpa na indústria analisada.

Para Holton *et al.* (2010) existe a possibilidade de redução do desperdício por meio da reciclagem ou reutilização das perdas geradas da indústria de concreto pré-moldado do Reino Unido, desde que seja aplicado um gerenciamento bem estruturado com planejamento, etapas bem definidas e que o propósito sustentabilidade seja o foco principal das empresas.

2.3.4 ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DO RCC

A gestão dos RCC tem se beneficiado significativamente da implementação de técnicas e tecnologias, anteriormente utilizadas no setor industrial. Essas estratégias não apenas otimizam o tempo de execução, mas também ampliam o campo de atuação, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos.

Um exemplo disso são as pesquisas voltadas para o desenvolvimento de aplicativos que auxiliam no correto descarte dos RCC, permitindo identificar o tipo de material, sua classificação, formas de destinação e até mesmo locais adequados para o descarte (Alecrim, 2018; Costa, 2020; Sousa *et al.*, 2022).

Miara (2020) desenvolveu um sistema que permite quantificar os resíduos sólidos da construção civil de forma automática, integrado ao BIM. Esse avanço representa uma significativa evolução no estudo do gerenciamento dos RCC, uma vez que o sistema possibilita prever a produção de resíduos antes do início da obra e, assim, adotar medidas para minimizá-los, promovendo a não geração de resíduos.

No âmbito da construção enxuta, Norberto *et al.* (2021) conduziram um estudo com o objetivo de aplicar os princípios do sistema E-Kanban para o gerenciamento do transporte dos RCC. Os princípios do E-Kanban consistem na aplicação de um

sistema de informação visual por meio de cartões coloridos, que sinalizam quando uma etapa de um processo está próxima da conclusão e indica que a etapa anterior deve ser reiniciada. Esse sistema proporciona uma gestão mais eficiente, permitindo o controle visual das atividades e a otimização contínua dos processos. Ao utilizar o E-Kanban no setor operacional de uma empresa especializada no transporte dos RCC, os autores identificaram as principais necessidades de coleta dos clientes e desenvolveram rotas estratégicas que promoveram maior eficiência no atendimento. Isso resultou em rotas mais econômicas e viáveis para o serviço prestado aos clientes.

Além dessas estratégias, observa-se também que os consórcios públicos intermunicipais têm se mostrado uma excelente alternativa para a gestão dos RCC, especialmente para os municípios de pequeno e médio porte, que não geram volume suficiente de RCC para justificar o investimento público na construção e manutenção de usinas de reciclagem de forma individual (Marques Neto, 2009).

Os consórcios públicos são reconhecidos como uma ferramenta coletiva que visa principalmente suprir os problemas de carência em infraestrutura e recursos financeiros, especialmente observados nos municípios brasileiros de pequeno porte. Isso possibilita a institucionalização da gestão ambiental local (Santos *et al.*, 2016).

Segundo Calderan *et al.* (2012), o consórcio público surge como um instrumento inovador para auxiliar no planejamento regional e na solução de problemas comuns aos municípios de pequeno e médio porte. Esse instrumento visa não apenas a implantação de aterros de materiais inertes, mas também a promoção de formas de gestão conjunta e coletiva.

Gonçalves (2022) realizou uma pesquisa com o objetivo de desenvolver um sistema computacional para fornecer subsídios à gestão consorciada de RCC para municípios brasileiros. Como resultados, o autor demonstrou que a formação de um consórcio entre os municípios, no qual compartilhariam áreas de transbordo e triagem, além de uma usina de reciclagem fixa, pode resultar em uma taxa interna de retorno (TIR) de 78,79% e um payback no período de 1 ano e 7 meses, evidenciando que esse modelo de gestão pode ser viável e lucrativo.

Observando essas pesquisas, verifica-se que as mesmas estratégias utilizadas para o gerenciamento dos RCC podem ser aplicadas ao gerenciamento dos RCPF. Isso ocorre porque as atividades envolvidas no manejo de ambos os resíduos são semelhantes; a principal diferença está na fonte geradora. No caso dos RCPF, os

resíduos são gerados pelas empresas fabricantes do segmento de pré-fabricação de elementos de concreto.

2.4 CONCRETO RECICLADO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo moderno, sendo que inevitavelmente ocorrerem perdas ao longo de sua utilização, seja nas etapas de fabricação, transporte, utilização e demolição seletiva. Nestas diferentes etapas podem ser gerados os subprodutos que podem ser reutilizados ou reciclados e que poderão ser utilizados para comporem novos produtos para as empresas envolvidas.

Para Zeule e Serra (2013), o concreto é um dos materiais de construção mais versátil e tem sido amplamente utilizado na indústria da construção civil, tanto no Brasil como no mundo inteiro. De acordo com o estudo apresentado na *Revista Concrete Centre* (2009), há diversas questões, sobre sustentabilidade, a serem consideradas no ciclo de vida do concreto. Algumas dessas questões são apresentadas a seguir:

- A produção e transporte de matérias-primas: devido à emissão de poluentes atmosféricos, incluindo gases de efeito estufa como o CO₂, provenientes da queima de combustíveis pelos veículos de transporte;
- A gestão de longo prazo das operações de extração das reservas naturais dos minerais: o uso extensivo de matérias-primas naturais pode levar ao esgotamento das jazidas e, conseqüentemente, à degradação ambiental. Uma gestão consciente e sustentável da exploração mineral é fundamental para garantir a viabilidade da atividade no longo prazo e minimizar seus impactos negativos;
- A produção e transporte do concreto pronto e dos componentes de pré-fabricados: embora essas atividades promovam o controle de qualidade nas obras, elas também geram emissões de gases de efeito estufa, como o CO₂, em todas as etapas da cadeia produtiva: desde a exploração das matérias-primas e a produção do concreto até o transporte do produto final. Essa emissão contribui para o aquecimento global e as mudanças climáticas, exigindo medidas para minimizar seus impactos;
- O processo de construção dos edifícios de concreto e outras estruturas: o processo de construção gera resíduos que exigem tratamento especial, devido à natureza dos materiais utilizados. A reciclagem é uma ferramenta crucial para

minimizar o impacto ambiental desses resíduos, convertendo-os em novos materiais para construção ou outros fins;

- O desempenho operacional de edifícios de concreto e estruturas durante sua utilização: o consumo de energia em edifícios é um dos principais fatores que contribuem para as emissões de gases de efeito estufa, com isso a eficiência energética de uma edificação é um fator crítico a ser considerado;
- A reutilização, reciclagem e eliminação de concreto a partir do final da vida dos edifícios e estruturas: a reutilização e a reciclagem de concreto provenientes da demolição de estruturas são práticas que fomentam a sustentabilidade. Através delas, os resíduos ganham um novo ciclo de vida, evitando a necessidade de descarte em aterros de resíduos inertes ou áreas urbanas de forma irregular, além de reduzir a extração de novas matérias-primas e minimizar o impacto ambiental da construção civil.

A sustentabilidade é um tema que está diretamente ligado aos processos que envolvem o concreto reciclado. Atualmente, na literatura correlata, é possível encontrar trabalhos que contemplam desde a identificação do volume de resíduos em construções (Silva; Marques Neto, 2020), a identificação dos resíduos gerados nos processos de fabricação de elementos de concreto (Franqueto; Delponte; Franqueto, 2020), estudos que apresentam um panorama geral dos RCC em relação à sustentabilidade (Silva; Melo, 2023), a elaboração de concretos “amigável ao meio ambiente” (*ecofriendly*) (Isaia *et al.*, 2020), até o uso de concreto reciclado em calçadas (Oliveira *et al.*, 2022).

No âmbito nacional, o Comitê Brasileiro (CB) de Cimento, Concreto e Agregados (CB-018), vinculado à ABNT, publicou em junho de 2021 a nova versão da NBR 15116 (ABNT, 2021) na qual contempla os requisitos e métodos de ensaios para os agregados reciclados (AR) para uso em argamassas e concretos de cimento Portland. A versão anterior da NBR 15116 (ABNT, 2004), já especificava os critérios para produção, recepção e uso dos agregados reciclados, miúdos e graúdos, obtidos a partir do beneficiamento dos RCC. Entretanto, a novidade apresentada na versão NBR 15116 (ABNT, 2021) é que agora a utilização desse tipo de agregado em concretos estruturais é permitida, já que a versão antiga recomendava o uso apenas em concretos sem função estrutural, tal como, fabricação de calçadas.

Ainda, a NBR 15116 (ABNT, 2021) define que não é qualquer agregado reciclado que poderá ser utilizado para produzir concreto estrutural. Logo, somente os RCC de classe A é recomendado, pois trata-se do agregado graúdo de resíduo de concreto, cujas especificações são que estes devem ser compostos, na sua fração graúda de, no mínimo, 90% em massa de fragmentos à base de Cimento Portland e rochas. Ou seja, além de ser da classe A, o resíduo deve pertencer à subclasse de Agregado Reciclado de Concreto (ARCO).

Deste modo, as outras duas subclasses de resíduos classe A, o Agregado Reciclado Cimentício (ARCI) e o Agregado Reciclado Misto (ARM), não são aceitas para a produção de concreto estrutural. Além disso, a NBR 15116:2021 define o percentual que pode ser incluído na mistura, conforme o trecho, é admitido a utilização dos RCC, desde que sejam respeitadas as devidas recomendações e aplicações além do uso restrito de ARCO, com teor de substituição de 20% dos agregados convencionais pelo reciclado, e uso em concretos com classes de agressividade I e II, pois de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023) as classes de agressividade I e II contemplam os ambientes em que o risco de degradação das estruturas é insignificante ou pequeno.

Além disso, a NBR 15116 (ABNT, 2021) aconselha o uso de agregados reciclados para a produção de concretos com fins estruturais com resistência máxima de 20 Mega Pascal (MPa), os quais geralmente são utilizados para a construção de obras leves e unidades unifamiliares de até dois pavimentos (casas e sobrados).

No âmbito internacional, diversos estudos estão sendo realizados sobre a utilização de concreto com agregados reciclado incorporado na mistura, como no trabalho de Revilla-Cuesta *et al.* (2022) que em busca de respostas para verificar a viabilidade da produção de elementos de concreto pré-fabricado, com grandes quantidades de agregados miúdos. Para isso, foram realizados ensaios laboratoriais e foi aplicado um método de tomada de decisão. Os autores realizaram ensaios mecânicos laboratoriais com diferentes dosagens (percentuais de agregados reciclados variando de 0 a 100%) para verificarem o comportamento do concreto frente à incorporação dos agregados reciclados. Logo, foram realizados ensaios mecânicos de resistência à compressão, absorção de água e porosidade.

Para a fabricação do concreto, Revilla-Cuesta *et al.* (2022) utilizaram dois tipos de agregados miúdos, natural (areia) e o de concreto reciclado. O agregado reciclado

utilizado no estudo foi obtido por meio da britagem de componentes rejeitados, principalmente vigas e pilares com defeitos geométricos, oriundos de uma empresa de pré-moldados de concreto, os quais possuíam pelo menos 45 MPa de resistência. O processo de produção do AR adotado pelos autores é listado nas três etapas a seguir:

- Inicialmente foi realizada a remoção da armadura de aço por prensa hidráulica (obtendo fragmentos de concreto de até 300 mm de tamanho);
- Seguindo para a britagem primária por meio de um britador de mandíbulas, obtendo-se um AR com tamanho máximo de agregado de 80 mm; e
- Finalizando com a britagem secundária empregando um britador de impacto obtendo-se um AR variando de 0,1 a 25 mm de tamanho, cuja dimensão é a mais adequada para a fabricação de concreto e que foi selecionada para o estudo em questão.

Revilla-Cuesta *et al.* (2022) também recomendaram que sejam complementadas com outros processos, tais como, separação magnética e lavagem com água pressurizada. Entretanto, essa etapa não foi realizada no estudo devido à falta de maquinário necessário para sua implementação.

Além disso, os autores realizaram uma análise de multicritério (*Multi Criteria Decision Making* (MCDM), na língua inglesa), na qual foram atribuídos critérios para o concreto convencional e o concreto com agregado reciclado, e então, definiram a importância relativa de cada propriedade de concreto. Para melhor elucidação, os métodos de tomada de decisão MCDM mais utilizados para gerenciamento dos RCC serão apresentados ao longo do estudo.

2.4.1 CRITÉRIOS PARA O USO DO CONCRETO RECICLADO

Juntamente com a empresa de concreto pré-fabricado e, com base nas características das misturas que comumente são utilizadas, foram definidos cinco critérios para que uma análise MCDM pudesse ser aplicada para selecionar a mistura mais adequada para cada tipo de componente de concreto a ser fabricado. Assim, os critérios definidos foram, segundo Revilla-Cuesta *et al.* (2022):

- 1 - Variação do comportamento mecânico da mistura devido à produção em larga escala;

2 - As propriedades das misturas produzidas em escala industrial foram comparadas com os resultados obtidos em escala laboratorial, obtendo-se um indicador de confiabilidade e propriedades mecânicas em ambas as condições;

3 - A variação foi calculada utilizando-se a Equação (1) onde (MV) é variação mecânica percentil; (CSi) é a resistência à compressão em escala industrial, em MPa; (CSI) é a resistência à compressão em escala laboratorial, em MPa; (STSi) é a resistência à tração obtida por meio do ensaio mecânico de compressão diametral em escala industrial, em MPa; (STSI) é a resistência à tração obtida por meio do ensaio mecânico de compressão diametral em escala laboratorial, em MPa. Um valor de MV positivo implicou melhores propriedades de CCS na produção industrial e, inversamente, piores propriedades quando negativas;

$$MV = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{CSi - C}{CSI} \right) + \left(\frac{STSi - STS}{STSI} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

4 - Variação da durabilidade do auto adensamento durante o efeito escala; e

5 - A variação da durabilidade (DV, em percentualidade) foi determinada pela Equação (2), de modo que, em analogia à Equação (1), um sinal positivo implicava melhores propriedades de durabilidade quando o CCS havia sido construído em escala industrial, e um sinal negativo, uma piora.

$$DV = \frac{1}{3} \cdot \left[\left(\frac{Pl - Pi}{Pl} \right) + \left(\frac{WPl - WP}{STSI} \right) + \left(\frac{Sl - Si}{Sl} \right) \right] \cdot 100 \quad (2)$$

Nesta equação, P é a porosidade do concreto, em termos percentuais; (WP), a penetração de água sob pressão, em mm; e (S), a retração, em mm/m. Os subscritos I e i referem-se à escala laboratorial e industrial, respectivamente.

O comportamento mecânico foi verificado por meio dos ensaios mecânicos de compressão e a resistência à tração, o peso atribuído a estes critérios, nos algoritmos MCDM, foi dividido entre a resistência à compressão e a resistência à tração por divisão. Esta distribuição (percentagem) foi definida em conjunto com a empresa de classificação de acordo com os requisitos de resistência para cada componente de concreto em particular.

Já para a durabilidade, Revilla-Cuesta *et al.* (2022) obtiveram os valores em escala industrial das três propriedades de durabilidade avaliadas. O peso atribuído a

este critério foi dividido entre 360 dias para os ensaios de retração, porosidade e profundidade de penetração de água sob pressão de acordo com os requisitos de durabilidade para cada tipo de pré-moldado de concreto componente que foi analisado.

Por fim, foram considerados diretamente os custos para produção dos concretos em escala industrial. Esta medida foi complementar à mecânica e desempenho de durabilidade de cada concreto.

Para o estudo, Revilla-Cuesta *et al.* (2022) propuseram a utilização de dois algoritmos diferentes, o primeiro conhecido como Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal (TOPSis), que é um algoritmo MCDM adequado para multicritério e sua escolha ótima é determinada pela proximidade de cada alternativa para a solução ótima ideal, que mostra o melhor valores possíveis para cada critério.

O segundo é o método de Organização de Ranking de Preferências para Enriquecimento de Avaliações (PROMETHEE) também um algoritmo MCDM usado para critérios quantitativos. Neste caso, a opção mais adequada é determinada partir dos fluxos positivos e negativos calculados através dos índices de preferência obtidos para cada alternativa de escolha.

Para o estudo, os autores selecionaram cinco tipos de componentes pré-fabricados de concreto, sendo estes o painel pré-moldado, laje alveolar, viga duplo T, viga calha e pilar. Em seguida, para cada elemento foram definidos, em conjunto com a empresa, os pesos (grau de importância) que os mesmos possuíam dentro da fábrica.

Com base nos pesos atribuídos às misturas, concreto convencional e concreto reciclado, foram realizados os cálculos com as matrizes de decisões dos algoritmos TOPSIS e PROMETHEE. Logo, a análise de viabilidade MCDM mostrou que o uso de concreto com 100% de agregado reciclado era preferível para a fabricação dos elementos lajes alveolares, vigas duplo T e pilares. Já a mistura com concreto convencional foi recomendada para a fabricação de painéis pré-moldados e vigas calhas.

2.4.2 PROCESSAMENTO E RECICLAGEM DOS RCPF

Devido às suas especificidades, a capacidade de processamento e reciclagem dos RCPF no Brasil ainda está em desenvolvimento, mesmo diante da atual PNRS.

O desafio de expandir a reciclagem dos RCPF requer a implementação de novas unidades de centrais de processamento, além do aprimoramento das tecnologias existentes, conforme informações da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2024).

A partir das informações obtidas, conclui-se que o Brasil necessita de investimentos na pesquisa, desenvolvimento e implementação de tecnologias específicas para o processamento e reciclagem dos RCPF. No entanto, na literatura correlata internacional, é possível identificar estudos que abordam o processamento dos RCPF e sua transformação em agregados reciclados para posterior aplicação.

No estudo de Thomas e Polanco (2016), os autores caracterizaram resíduos de elementos pré-fabricados reprovados em testes de qualidade devido às falhas durante a concretagem na empresa *Norten PH*. Para tal, os pesquisadores realizaram o processamento dos RCPF em duas etapas. A primeira etapa foi realizada ainda na fábrica. A empresa *Norten PH* realizou a britagem inicial dos elementos pré-fabricados para recuperar o aço da armadura, transformando-os em pedaços menores e reduzindo significativamente o volume de resíduos gerados. Em seguida, na segunda etapa, os elementos britados foram triturados e classificados em granulometrias de até 32 mm, completando o processo de beneficiamento dos agregados reciclados. Essa etapa refinou a granulometria do material, aumentando ainda mais a sua homogeneidade e qualidade para aplicação em concretos reciclados.

Jian, Wu e Hu (2021) realizaram uma pesquisa sobre a incorporação de resíduos da construção civil em concreto, com foco nos RCPF. O estudo se destacou por utilizar agregados de dimensões maiores que os convencionais, cerca de 100 mm de diâmetro, em vigas de concreto armado. Os autores identificaram diversas vantagens na utilização dos RCPF em comparação com outros tipos de resíduos da construção civil. Os RCPF apresentaram um processo de processamento mais simplificado quando comparado aos RCC. Isso se deveu à menor probabilidade de conter materiais contaminantes, como pedaços de madeira e tintas. Além disso, havia a oportunidade de aplicações em elementos de grande escala, pois os RCPF foram britados em dimensões maiores que os agregados reciclados convencionais, tornando-o viável para elementos de grande escala na construção civil.

Salesa *et al.* (2017) conduziram uma pesquisa para investigar o efeito da incorporação de agregados reciclados graúdos na elaboração de um novo concreto.

Para isso, os autores utilizaram os RCPF que foram descartados por não estarem dentro dos padrões exigidos. O processamento desses resíduos foi realizado a partir da britagem dos elementos de concreto pré-fabricado, utilizando uma ponteira de aço acoplada a uma máquina de escavação. Em seguida, foi realizado o processamento para transformá-los em partículas menores, utilizando uma central de processamento com moinhos e peneiras. Ao final da pesquisa, os autores concluíram que os concretos reciclados possuíam resistência similar aos concretos convencionais e que a incorporação dos RCPF no concreto poderia produzir concretos de alta qualidade, diminuindo conseqüentemente o impacto ambiental por meio do uso dos reciclados.

Outros estudos, como o de Salesa *et al.* (2022), apontaram a dificuldade em processar os RCPF devido à dureza do material. Corroborando com essa afirmação, Venkrbec e Klansek (2020) descreveram em seu trabalho que, para processar os RCPF utilizados em sua pesquisa, foram necessários utilizar três equipamentos distintos. Inicialmente, foi realizada a britagem e transformação dos elementos pré-fabricados em pedaços menores (100 mm) por meio de um martelo hidráulico. Em seguida, um triturador de mandíbula foi utilizado para reduzir os agregados para 63 mm e, na última etapa, um outro triturador de mandíbula, menor, foi empregado para deixar os agregados na fração de 16 mm.

Diante dessa situação, o processamento dos RCPF torna-se uma atividade complexa e limitante, principalmente para alguns países que carecem dessas tecnologias. Segundo Mah, Fujiwara e Ho (2017), a maior parte dos resíduos produzidos nos países do leste asiático, como a Malásia, é destinada a aterros, devido à falta de incentivos e leis que promovam a reciclagem e reutilização dos RCPF.

2.4.3 EQUIPAMENTOS PARA RECICLAGEM DOS RCPF

Embora o processamento de RCPF compartilhe algumas semelhanças com o processamento dos RCC, existem etapas e características distintivas que os diferenciam. Com base no estudo de Nicolau (2018), que detalhou os procedimentos para processamento dos RCC, e no de Venkrbec e Klansek (2020), que abordou o processamento dos RCPF, é possível identificar similaridades importantes entre o processamento deles na etapa básica de transformação em agregados reciclados.

Assim, para os RCPF, é necessário realizar uma etapa preliminar que pode incluir atividades específicas, como uma britagem inicial para fragmentação do elemento em partes menores, de forma a facilitar o transporte e a remoção de

ferragens. Além disso, o processamento dos RCPF exige equipamentos específicos, que são mais robustos e têm maior capacidade de processamento.

De acordo com Salesa *et al.* (2022), os RCPF possuem grande resistência e dureza. Os equipamentos utilizados em sua pesquisa para o processamento dos RCPF foram britadores hidráulicos acoplados às escavadeiras, aos trituradores de mandíbula robustos para transformar os RCPF em partículas de até 100 mm, aos trituradores de impacto para fragmentar o material em pedaços menores de 62 mm e aos trituradores cônicos para obter granulometrias precisas e uniformes de cerca de 16 mm.

Para aprofundar o conhecimento sobre o processamento dos RCPF, foi realizada uma pesquisa na internet com o objetivo de identificar empresas que prestam serviço de processamento dos RCPF, bem como os equipamentos mais utilizados para esta atividade.

Com base nesta pesquisa, foi encontrada a empresa brasileira, a Máquina Solo, que faz a representação de equipamentos para processamento de rochas naturais e que podem ser aplicados no processamento concreto armado. Localizada em Guarulhos, no estado de São Paulo, a Máquina Solo fornece uma gama de equipamentos para processamento e mineração de materiais, incluindo rochas naturais, minérios e concreto (Máquina Solo, 2024).

Diante da carência de empresas e equipamentos nacionais no segmento, na internet, por meio do termo “*crushers concrete company*” buscou-se por empresas internacionais do segmento. A seguir, apresenta-se algumas empresas internacionais do segmento e que realizam o processamento dos RCPF além dos equipamentos utilizados para esta atividade.

- **HARTL ENGINEERING & MARKETING GMBH**

A HARTL (2024) é uma empresa multinacional com sede na Áustria e especializada no desenvolvimento e na produção de máquinas trituradoras e peneiras integráveis a retroescavadeiras e tratores de grande porte. O principal equipamento da empresa, líder de vendas, é a caçamba trituradoras de mandíbulas, que pode ser utilizada para britar rochas naturais e concreto armado. Apresenta-se na Figura 4 o equipamento caçamba britadora de mandíbulas integradas em uma máquina escavadeira que a empresa HARTL comercializa.

Figura 4: Equipamento de processamento de resíduos HARTL



Fonte: HARTL (2024).

A empresa Caimex, especialista em comércio internacional de equipamentos para os segmentos de mineração, construção civil, reciclagem e demolição (Caimex, 2024), atua como representante oficial da HARTL no Brasil, viabilizando a importação dos equipamentos da marca.

Em seu site, a Caimex destaca a caçamba britadora HARTL, um equipamento versátil que combina a funcionalidade de uma caçamba escavadeira com a capacidade de britagem de materiais. A caçamba pode ser acoplada a peneiras e imãs, permitindo a separação granulométrica e a retirada de metais, respectivamente, garantindo um processo eficiente de beneficiamento de materiais no local de trabalho. No canal da HARTL no youtube, a empresa compartilha um vídeo que demonstra a capacidade da caçamba britadora em triturar uma laje alveolar pré-fabricada. O vídeo destaca a versatilidade e a eficiência do equipamento, que pode ser utilizado para o processamento de diversos materiais bem como os RCPF.

- **ANSHUN MACHINERY EQUIPMENT**

Com sede na China, a ANSHUN (2024) é uma empresa fabricante de equipamentos para mineração e dragagem de areia. Os equipamentos ANSHUN possuem certificação de qualidade ISO 9001:2015. Atualmente, a empresa exporta seus produtos para todo o Sudeste Asiático, Ásia Central, África, Oriente Médio e outros países da Europa.

Na Figura 5 é apresentada a Planta móvel de britagem por triturador de martelo, um equipamento versátil com capacidade para processar materiais de diversos tipos de materiais, incluindo rochas naturais, granito, basalto, concreto armado e minério de ferro.

Figura 5: Triturador de impacto ANSHUN



Fonte: ANSHUN (2024).

- **RM GROUP**

A RM Group (2024) é uma empresa norte-americana que produz e comercializa equipamentos para trituração de minerais em geral. A empresa, multinacional, exporta seus equipamentos para diversos países, com destaque para os equipamentos móveis, como ilustrado na Figura 6 o britador móvel RM 120X.

Figura 6: Triturador de alto impacto RM120



Fonte: RM Group (2024).

O britador móvel apresentado possui capacidade de processamento de até 385 toneladas por hora, podendo ser utilizado tanto na britagem primária (de materiais

com dimensões maiores) quanto na britagem secundária (transformação em partículas menores). De acordo com a RM Group (2024), o equipamento é versátil e robusto, capaz de triturar diversos tipos de materiais, desde resíduos da construção civil e demolição até rochas naturais, minérios de ferro e concreto armado.

- **K&B CRUSHERS**

A K&B (2024) é uma empresa sediada em Hampshire, na Inglaterra, que oferece serviços de britagem de concreto, transformando-o em agregados. A empresa opera de duas maneiras em sua planta física ou diretamente no local onde o resíduo se encontra. A K&B utiliza britadores de impacto ou de mandíbula para a britagem do concreto, os quais são classificados por tamanho, atendendo às necessidades específicas de cada cliente.

Além de prestar o serviço de processamento de materiais, a empresa K&B oferece aos clientes a oportunidade de alugar os equipamentos e realizarem o processamento por conta própria. Com isso, diante de uma demanda, existe a possibilidade de a empresa alugar o equipamento por temporada, não sendo necessário um alto investimento na aquisição de um equipamento. A empresa não disponibiliza em seu site informações sobre valores para processamento ou locação.

A Figura 7 ilustra um exemplo de serviço que a empresa K&B oferece: a britagem móvel.

Figura 7: Triturador móvel da empresa K&B



Fonte: K&B (2024).

A análise dos equipamentos apresentados revela um cenário promissor para o processamento dos RCPF no Brasil. Apesar dos equipamentos e das empresas responsáveis serem internacionais, observou-se a presença de empresas nacionais

que os representam facilitando o acesso à tecnologia. Com isso, poderão ser realizados contatos e fomentar a realização do processamento em território brasileiro.

Essa oportunidade se torna ainda mais interessante quando é considerado o potencial do concreto reciclado resultante do processamento dos RCPF. Mesmo com a restrição estrutural que limita seu uso em concretos com resistência de até 20 MPa, o agregado reciclado oriundo dos RCPF encontra diversas aplicações na construção civil, como nos pisos *pavers*, blocos de vedação, artefatos de concreto e calçadas.

3. FERRAMENTA E MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO

Este capítulo apresenta os principais conceitos e ferramentas essenciais para a gestão estratégica de resíduos da construção civil e demolição (RCC), que podem ser aplicados aos resíduos do concreto pré-fabricado (RCPF). Além disso, aborda os sistemas de apoio à decisão e as ferramentas de gerenciamento mais relevantes para a área desta pesquisa.

O gerenciamento dos RCC representa um desafio significativo para o setor, exigindo abordagens eficazes e sustentáveis para minimizar os impactos ambientais e otimizar a reutilização e reciclagem dos materiais. Nesse contexto, as ferramentas de apoio à decisão emergem como soluções essenciais para auxiliar gestores e profissionais na tomada de decisões informadas e eficientes. Essas ferramentas englobam uma variedade de técnicas e tecnologias, como a análise multicritério, métodos de tomada de decisão e ferramentas como a Análise SWOT.

3.1 ANÁLISE SWOT

A Análise SWOT se destaca como uma ferramenta de gestão que tem por objetivo a construção de um planejamento estratégico sólido e eficaz. Por meio da análise aprofundada dos ambientes interno e externo da organização a SWOT permite identificar os pontos fortes e fracos da empresa, bem como as oportunidades e ameaças presentes no mercado (Upreti *et al.*, 2024). A sigla SWOT é referente as palavras na língua inglesa *Strengths* (pontos fortes) *Weaknesses* (pontos fracos), *Opportunities* (oportunidades) and *Threats* (ameaças). Os pontos fortes contemplam as capacidades internas, recursos e fatores situacionais positivos que podem ajudar a empresa atingir seus objetivos, as fraquezas incluem as limitações internas e fatores negativos que podem interferir no desempenho da empresa. Já as oportunidades são itens favoráveis, tais como, fatores ou tendências no ambiente externo que a empresa pode explorar em seu benefício. E por último as ameaças, que são fatores externos ou tendências desfavoráveis que podem apresentar desafios ao desempenho.

Como exemplo de trabalhos que abordam a aplicação da Análise SWOT no gerenciamento de resíduos de forma eficaz, apresenta-se o estudo de Yuan (2013), que busca identificar o modelo ideal de gestão de resíduos da construção (*Construction Waste Management (CWM)*, na língua inglesa) em uma cidade na China. Para isso, o autor utilizou dados obtidos por meio de relatórios governamentais, regulamentos relacionados à gestão de resíduos, revisão de literatura e reuniões com profissionais atuantes na área. Com base na Análise SWOT realizada, Yuan (2013) propôs sete estratégias críticas para aprimorar a gestão de resíduos da construção na cidade:

1. Estabelecer um mecanismo para determinar a responsabilidade dos vários departamentos envolvidos;
2. Promulgar regulamentos detalhados de CWM;
3. Investigar a quantidade de resíduos de construção gerados e planejar adequadamente as instalações de resíduos;
4. Implementar o CWM em todo o ciclo de vida dos projetos de construção;
5. Implementar um programa piloto de aplicação de materiais de construção reciclados;
6. Criar um instituto de pesquisa de resíduos de construção; e
7. Aumentar a conscientização sobre CWM por meio de atividades de treinamento e promoção.

As ferramentas de apoio à decisão melhoram a eficiência e eficácia do processo decisório dos gestores, colaborando para a redução de sua complexidade. Portanto, as ferramentas de apoio à decisão desempenham um papel crucial no gerenciamento dos RCC, proporcionando uma base sólida para práticas mais sustentáveis e eficientes.

Ressalta-se que a adoção dessas ferramentas não apenas melhora a gestão dos resíduos, mas também promove a inovação e a competitividade no setor da construção civil, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável e à responsabilidade ambiental.

3.2 MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO

Segundo Chaves *et al.* (2013), as tomadas de decisões podem ser definidas como um processo de julgamentos de valor, as quais são utilizadas no momento de

uma escolha que fornece ao decisor saber quanto de desempenho em uma determinada ação deve-se abdicar para que haja ganho de performance em outra. Para esses autores, geralmente, as pessoas tomam decisões valendo-se de heurísticas, que são regras simplificadas de uma realidade complexa para tomar decisão.

A tomada de decisão pode ser definida como a conversão das informações em uma ação. Assim sendo, a decisão é a ação tomada com base na apreciação de informações disponíveis (Oliveira, 2014).

Para Maximiliano (2002), a tomada de decisão é uma função importante e complexa no papel do executivo, pois administrar é sinônimo de tomar decisões. Já para Robbins (2006), a decisão certa está tanto na forma correta que o problema é interpretado, como na escolha da melhor alternativa.

O apoio à tomada de decisão é caracterizado pelo reconhecimento da subjetividade humana, ou seja, em um processo decisório pode-se valer da recursividade, modificando-se valores que antes haviam sido validados, ou até mesmo identificando-se que, esses valores, não pertencem ao problema. O apoio à decisão pode ser visto como a atividade de suporte para obtenção de elementos que tornam as decisões mais claras e mais favoráveis para o aumento da coerência entre a evolução do processo e o atendimento dos objetivos (Lorentz, 2016).

Os novos programas computacionais que surgiram para atender às necessidades dos decisores foram denominados sistemas de apoio à decisão (SAD). Definidos como sistemas interativos baseados em computador, os SADs auxiliam os decisores na utilização de dados e modelos para a resolução de problemas não estruturados (Lorentz, 2016).

O processo de tomada de decisão é composto por uma análise de variáveis, de forma individual e ou em conjunto, definição dos fatores críticos, delimitação do escopo e estabelecimento das estratégias (Chaves *et al.*, 2013).

Para Rockart (1979), os Fatores Críticos de Sucesso (FSC) são definidos como um limitado número de áreas nas quais os resultados, se satisfatórios, irão assegurar um desempenho competitivo de sucesso para a organização.

Segundo Castelanni (2013), os FSC são meios de identificar o progresso no sentido de um resultado bem-sucedido e existem dois tipos de fatores do processo e o do projeto. Os FSC do processo são aqueles associados à estratégia utilizada

visando o sucesso, tais como, ferramentas, técnicas, processos e procedimentos usados para definir, planejar, executar e concluir o projeto no prazo e dentro do orçamento. Já os FSC do projeto surgem da lista de resultados e benefícios de um projeto, especialmente se começam a dar frutos antes da finalização (Castelanni, 2013).

O estudo dos processos alternativos de tomadas de decisões, também conhecidos como métodos multicritérios, têm sido amplamente utilizados na solução de problemas de tomada de decisão, uma vez que buscam esclarecer ao decisor as possibilidades de escolhas (Abraham; Lepech; Haymaker, 2013).

Atualmente, as análises multicritérios tornaram-se indispensáveis nas empresas e organizações em virtude da grande competitividade imposta no mercado, onde qualquer falha pode ser um risco para o bom desempenho dos negócios.

Para Robbins (2006), um procedimento de tomada de decisão pode ser conduzido na seguinte ordem:

- 1º. Identificar um problema existente;
- 2º. Enumerar alternativas possíveis para a solução do problema;
- 3º. Selecionar a mais benéfica das alternativas;
- 4º. Implementar a alternativa escolhida; e
- 5º. Reunir dados para descobrir se a alternativa implementada está solucionando o problema identificado.

Assim, alguns autores criaram métodos para apoio à tomada de decisão para suas organizações a fim de melhorar os processos. De acordo com Noro (2012), a tomada de decisão em gestão de projetos é uma área que vem crescendo cada vez mais, uma vez que as organizações que investirem nesta área poderão alcançar vantagens competitivas no atual cenário competitivo.

No âmbito da tomada de decisão encontra-se uma variedade de métodos que, ao longo dos anos, se aprimoram e ganham novas versões, oferecendo ferramentas valiosas para auxiliar na escolha ideal. A seguir, são apresentadas algumas das abordagens mais populares:

1. Método Fuzzy (Zadeh, 1965): O Método Fuzzy, idealizado por Zadeh, abraça a incerteza e a imprecisão, permitindo a análise de critérios que fogem do

tradicional "verdadeiro ou falso". Com essa flexibilidade, você pode lidar com situações onde a avaliação precisa de nuances e graus de pertinência.

2. TOPSIS (Hwang; Yoon, 1981): O TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) busca a alternativa que mais se aproxima de uma solução ideal e se afasta de uma solução anti-ideal. Imagine um alvo e suas flechas: a alternativa vencedora é aquela que acerta o centro do alvo, minimizando a distância da solução ideal e maximizando a distância da solução anti-ideal.

3. PROMETHEE (Brans; Mareschal; Vincke, 1984): O PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) se baseia na comparação pareada das alternativas, utilizando funções de preferência para determinar a intensidade das preferências. É como se você colocasse as alternativas lado a lado e comparasse-as em cada critério, definindo qual delas se destaca em cada um.

4. ELECTRE-TRI (Yu; Roy, 1992): O ELECTRE-TRI (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*) divide as alternativas em grupos: as vencedoras, as eliminadas e as de indiferença. Através de comparações pareadas e da concordância e discordância dos critérios, ele identifica a melhor alternativa, eliminando as que não atendem aos requisitos mínimos e classificando as demais de acordo com a força de suas concordâncias.

5. VIKOR (Opricovic, 1998): O VIKOR (*Vlsekriterijska Optimizacija I Kompromisno Resenje*) busca um equilíbrio entre a solução ideal e a solução anti-ideal. Ele calcula a distância de cada alternativa em relação a ambas as soluções e identifica a que apresenta o menor valor de um índice de compromisso, que combina essas distâncias. É como encontrar o ponto ideal entre o melhor dos melhores e o pior dos piores, buscando a alternativa que se aproxima mais desse equilíbrio.

6. CBA e CBA Documentado (Suhr, 1990; Arroyo; Tommelein; Ballard, 2013): O CBA (*Choosing by Advantages*) e sua versão aprimorada, o CBA Documentado, focam nos pontos fortes de cada alternativa. Através da identificação

e avaliação dos benefícios e vantagens de cada opção, o método busca a que se destaca nesse quesito. É como um concurso de talentos, onde cada alternativa apresenta suas habilidades e o vencedor é aquele que demonstra as melhores qualidades.

7. AHP (Saaty, 1990): O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) estrutura a decisão em uma hierarquia de critérios e alternativas, permitindo a comparação pareada entre os elementos de cada nível. Imagine uma árvore com galhos e folhas: cada galho representa um critério e cada folha uma alternativa. A decisão final é tomada através da comparação das alternativas em relação aos critérios, considerando a importância de cada um deles.

8. Fuzzy AHP (Chang, 1996): O método *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (Fuzzy AHP), desenvolvido por Chang em 1996, é uma extensão do tradicional método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que incorpora a teoria dos conjuntos fuzzy para lidar com a incerteza e a subjetividade nas tomadas de decisão que o método AHP apresenta. Este método permite que os tomadores de decisão expressem suas preferências de maneira mais flexível e realista, utilizando números fuzzy em vez de valores precisos para comparar os critérios e as alternativas. O Fuzzy AHP melhora a precisão e a confiabilidade das decisões ao integrar a lógica fuzzy com a hierarquização de decisões.

Dentre os diversos métodos de apoio à decisão existentes, o método AHP se destaca por sua versatilidade, robustez e capacidade de estruturar a decisão de forma hierárquica (Ahadi *et al.*, 2023). Essas características o tornam útil para lidar com critérios complexos e multifacetados, tornando-o ideal para diversas áreas de atuação, como é o caso da presente pesquisa, que busca a seleção da melhor opção para a destinação dos RCPF e que requer a consideração de diversos fatores interligados.

Diante do exposto, o próximo item apresentará a estruturação e a aplicação do método AHP, demonstrando como ele contribuiu para a tomada de decisão e para o alcance dos objetivos da pesquisa.

3.2.1 MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

O Método AHP é um método de tomada de decisão amplamente aplicado em diversas áreas do conhecimento, principalmente na indústria da construção, o qual foi desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty com o intuito de auxiliar nos processos de tomada de decisões subjetivas e em suas justificativas (Salomon, 2010; Shimizu, 2006).

O método AHP pode ser utilizado em situações de definição de prioridade, avaliação de custos e benefícios, determinação de requisitos, entre outras possibilidades. Para Cruz Júnior e Carvalho (2003), a utilização deste método inicia-se por meio da identificação do problema, o qual deve ser estruturado como uma árvore de decisão e em cada nível hierárquico contemplará os atributos pré-definidos pelo planejador.

Para Gomes, Araya e Carignano (2004), os elementos fundamentais deste método são os atributos e propriedades das alternativas, a correlação binária entre dois elementos baseados em uma determinada propriedade, a escala fundamental para determinação dos valores de prioridade e a hierarquia, que se trata de um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência.

Segundo Costa (2006), o AHP é baseado em três princípios do pensamento analítico:

- Primeiro: construção de hierarquias onde o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos, como forma de buscar uma melhor compreensão e avaliação do mesmo, sendo parte fundamental do processo de raciocínio humano. Logo, identificam-se os elementos-chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins e são alocados em camadas específicas;
- Segundo: definição de prioridades para o ajuste das prioridades, no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares frente a um determinado foco ou critério;
- Terceiro: consistência lógica, pois no AHP é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência. Desse modo, os elementos-chave de uma hierarquia são: foco principal - objetivo geral em estudo; conjunto de alternativas viáveis - definição de quais serão as opções que serão analisadas à luz dos critérios definidos; critérios e subcritérios - universo de atributos, e quesitos que serão avaliados em pares de alternativas.

Ainda, para Costa (2006) uma das principais e mais atraentes características que o método AHP apresenta é a possibilidade de reconhecer as subjetividades como parte aos problemas de decisão e utiliza o julgamento de valor como forma de tratá-la cientificamente, tornando assim esta propriedade extremamente útil quando se tem dificuldade na obtenção de informações oriundas de dados probabilísticos.

O processo AHP seleciona e organiza os fatores em uma estrutura hierárquica que decresce em níveis a partir de uma meta geral, seguindo para critérios, subcritérios e alternativas, sucessivamente (Saaty, 1990).

Para Saaty (1990), a forma racional encontrada, mais condizente para lidar com os julgamentos, foi a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo, sendo uma sequência de comparação por pares. Por meio das comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas, e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro, ou de uma alternativa sobre a outra.

Assim, para se fazer o uso da escala de prioridades de forma satisfatória é preciso compreender o que são os julgamentos no método criado por Saaty. Neste sentido, um julgamento ou comparação pode ser definido como a representação numérica de uma relação entre dois elementos (Saaty, 1990).

De acordo com os estudos de Gass (1985), o método AHP utiliza como base um modelo de comparação quantitativa que auxilia a verificação da relação entre as opções qualitativas e define a importância de cada alternativa. Ainda, o autor afirma que a escala utilizada, que pode variar de 1 a 9, os números pares são utilizados apenas quando há uma correlação (compromisso) entre dois números consecutivos, cuja foi elaborada com base em estudos psicológicos.

Apesar de sua popularidade e simplicidade em termos de conceito, os autores Akadiri, Olomolaiye e Chinyio (2013) acreditam que o método AHP é muitas vezes criticado por sua incapacidade de lidar adequadamente com a incerteza inerente e imprecisão associada com o mapeamento da percepção do decisor para exigir números, de acordo com a terminologia lógica Fuzzy.

Cebeci (2009) afirma que uma das principais vantagens de aplicação desse método é a relativa facilidade com que se manipulam vários critérios, além de o AHP ser de fácil entendimento e possibilitar efetivamente lidar com abordagens tanto quantitativas como qualitativas.

Para Ünal e Güner (2009), a vantagem que apresenta maior destaque é a organização de fatores tangíveis e intangíveis de uma sistemática, que fornece uma abordagem de solução estruturada relativamente simples para os problemas de tomada de decisão.

De acordo com Wong e Li (2008), a metodologia proposta pelo método AHP avalia as alternativas por meio de um conjunto de critérios, os quais são ponderados e definidos por processos estruturados. Em particular, o método é capaz de definir uma técnica sistemática e estruturada para realizar decisões; e definir o conjunto de variáveis a serem selecionadas e avaliadas a fim de se determinar a melhor proposta.

Para Longaray e Bucco (2010), o método AHP pode ser mais bem classificado como um facilitador para o processo de estruturação de pensamento do que um algoritmo que resolve problemas. Logo, os autores apontam dois de seus principais benefícios, o primeiro é a imposição de disciplina e consistência no processo de pensamento e o segundo sendo o questionamento de perguntas que eventualmente são esquecidas em processos de tomada de decisão.

Ünal e Güner (2009) elencaram quatro principais vantagens da utilização da metodologia AHP:

- A definição da estrutura hierárquica permite compreender todas as variáveis envolvidas nos relacionamentos;
- A problemática de decisão é representada de maneira estruturada;
- O método não substitui o pessoal envolvido no processo de resolução, mas integra todos os julgamentos com ligações estruturadas; e
- O processo de decisão torna-se um processo a partir de escolhas simples.

Para Bertolini, Braglia e Carmignani (2006), a grande vantagem da utilização do método AHP, como sistema de apoio à decisão, está em sua fácil utilização e flexibilidade.

Por outro lado, os autores Wong e Li (2008) apresentam o método AHP como subjetivo quando aplicado a uma grande amostra. Neste sentido, o método se torna recomendável para pesquisas com foco em um tema específico, onde uma grande amostra não é obrigatória.

Para Saaty (1990), o método AHP se torna viável e eficaz quando o número de critérios e alternativas disponíveis é inferior a sete opções. A partir disso, a possibilidade de obter resultados inconsistentes aumenta, pois, devido ao elevado

número de comparações par a par, o respondente pode se confundir e atribuir pesos aleatórios, gerando inconsistências na matriz.

No mesmo sentido, Cheng e Li (2007) também afirmam que o método AHP pode ser inadequado para uma pesquisa com grande número de amostragem, pois para este tipo de aplicação os entrevistados podem apresentar uma tendência a fornecer respostas arbitrárias, resultando em um elevado grau de inconsistência.

Salomon (2010) apresenta também uma lista com críticas ao método AHP, os quais são apresentadas a seguir:

- Dificuldades na conversão de comparações linguísticas em numéricas;
- Inconsistências impostas pela escala linear de 1 a 9;
- Entendimento das questões por quem responde as comparações;
- Inversão na ordem de prioridade das alternativas existentes, com a exclusão ou inclusão de alternativas ou critérios;
- O número de comparações necessárias pode ser alto; e
- Os princípios fundamentais do método.

No entanto, ao avaliar o método, Gomes, Araya e Carignano (2004) afirmam que as inconsistências da matriz de comparação par a par devem ser admitidas como um efeito normal no processo de escolha humana. Assim, os autores destacam a necessidade da inclusão de um ponto que represente a indeterminação, ou seja, a possibilidade de que o avaliador não faça a comparação entre dois elementos, por motivos alheios à sua vontade.

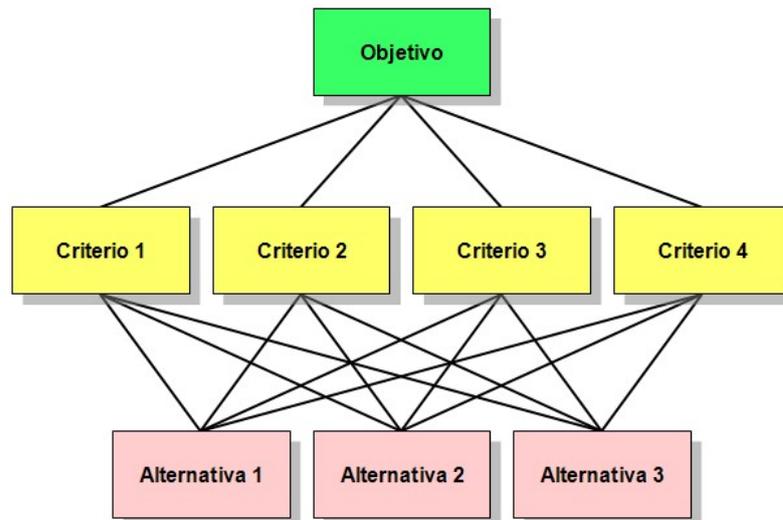
Segundo Zardak, Mohaghegh e Tavassoli (2016), o método AHP pode ser aplicado com eficácia em situações que contemplam dezenas ou até centenas de critérios e alternativas. Para isso, é necessário utilizar procedimentos adequados, como a aplicação do teste Kappa para avaliar a concordância entre os avaliadores, além da utilização de softwares na agregação e tratamento dos dados.

De acordo com o método proposto por Saaty (1990), para se obter uma escala de pontuações, é necessário calcular as matrizes de comparações dos fatores analisados para conhecer qual a melhor opção a ser empregada.

De acordo com Saaty (1990), as alternativas comparadas entre si possuem critérios ou até mesmo subcritérios de comparações paritárias, comparação entre pares também conhecida como matriz de julgamentos, para se chegar ao objetivo principal.

Ainda, Saaty (1994) define o fundamento do método AHP como a decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, logo, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho. Nos estudos de Saaty (1994), foi proposto uma análise hierárquica geral, conforme é apresentado na Figura 8.

Figura 8: Hierarquia do Método de Análise Hierárquica AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1994).

De acordo com os métodos propostos, a comparação de uma alternativa consigo mesma (alternativa 1 linha x alternativa 1 coluna) sempre resultará em 1. Já a comparação entre uma alternativa linha e uma coluna gerará um valor recíproco na comparação subsequente. Para ilustrar melhor essa característica, considere o seguinte exemplo: se a comparação da alternativa 1 linha com a alternativa 2 coluna for igual a X, então a comparação da alternativa 2 linha com a alternativa 1 coluna será $1/X$. Essa relação recíproca é demonstrada no Quadro 3.

Quadro 3: Matriz do Método de Análise Hierárquica AHP

Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa n
1	1	X	Y	Z
2	$1/X$	1	Y'	Z'
3	$1/Y$	$1/Y'$	1	Z''
n	$1/Z$	$1/Z'$	$1/Z''$	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

De acordo com Saaty (1990), para que as matrizes possam ser construídas, uma ponderação entre os dois critérios analisados deve ser realizada, de modo que sempre reflitam as respostas de duas perguntas: qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com base na escala de 1-9, apresentada no Quadro 4, com que intensidade? Levando em conta que cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo.

Quadro 4: Intensidade de importância da comparação do método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Ambos os elementos são de mesma importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Valores intermediários na graduação mais.	Usados para graduações mais finas das opiniões.
Racionais	Razões resultantes da escala.	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

De acordo com Ventura (2009), a aplicação do método AHP tem como desvantagem a possibilidade de inconsistência nos pesos atribuídos pelo avaliador, neste sentido, os resultados devem ser verificados para garantir que as respostas sejam coerentes. Deste modo, com o intuito de verificar se as respostas dos especialistas foram consistentes, Saaty (1990) propõe a aplicação dos seguintes passos:

- 1) Utilizar a matriz AHP padronizada dos especialistas;
- 2) A partir da matriz padronizada, calcular a média das linhas, resultando no vetor média das linhas;

3) Posteriormente, calcular a soma de produto do vetor média pelo elemento, por linha, da matriz original (sem ser a padronizada), gerando assim o vetor coluna;

4) Calcular o vetor λ (número principal de *Eigen*, também conhecido como autovalor principal), que representa o valor mais importante que uma matriz pode ter, por meio da divisão de cada elemento do vetor coluna pelo respectivo valor médio.

5) Para obter o valor do vetor λ_{\max} , basta calcular a média dos valores de cada elemento do vetor λ ;

6) Identificar o Índice Randômico (IR) da matriz. Esse valor é padronizado por Saaty (1990) e depende do número de elementos da matriz (n) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Valor do índice randômico de acordo com a ordem da matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

7) Cálculo do Índice de Consistência (IC) da matriz, definida pela Equação 1:

$$IC = \frac{[\lambda_{max} - n]}{[(n-1)]} \quad (1)$$

Saaty (1990) observou que quando o Índice de Consistência mostra que as perturbações de consistência são grandes e, dessa forma, o resultado não é confiável, as informações não podem ser utilizadas como uma resposta confiável.

8) Por fim, a Razão de Consistência (RC) foi calculada seguindo a Equação 2.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (2)$$

Segundo Saaty (1990), para que as respostas dos especialistas sejam coerentes, a RC deve ser menor ou igual a 0,10. Quanto mais próximo de zero for essa razão, mais consistente a matriz estará. De acordo com Saaty (1990), melhorar a consistência dos resultados não significa obter uma resposta mais próxima da realidade, mas sim que a relação estimada na matriz está mais próxima de ser

logicamente relacionada do que ser escolhida aleatoriamente. Apresenta-se na Tabela 2 os cálculos exemplificados conforme descritos acima nos itens 1 a 8.

Tabela 2: Matriz para cálculos de índice de consistência - Exemplo

Variáveis	Peso dos especialistas			Matriz normalizada			Média das linhas	Vetor Coluna	Vetor λ	n=3, então IR= 0,58
	V1	V2	V3	V1	V2	V3				
V1	1	0,33	3	0,23	0,076	0,69	0,33	1,42	4,3	$IC = \frac{[4,3-3]}{[(3-1)]}$ $IC = 0,65$
V2	3	1	0,33	0,69	0,23	0,076	0,56	1,42	4,3	
V3	0,33	3	1	0,076	0,69	0,23	0,56	1,42	4,3	
								Vetor $\lambda_{max} = 4,3$	$RC = \frac{0,65}{0,58} = 1,12$	

Fonte: Adaptado de Ventura (2009).

3.2.1.1 Análise dos resultados do método AHP

O Método AHP pode ser classificado como uma ferramenta para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas com múltiplos critérios (Koloseni *et al.*, 2020). No entanto, para Santos *et al.* (2016) é importante ressaltar que uma de suas limitações é o fato de que seus resultados não são passíveis de tratamento estatístico. Isso se deve ao fato de que o AHP se baseia em comparações pareadas subjetivas entre os critérios e alternativas, utilizando a escala fundamental proposta por Saaty (Costa *et al.*, 2021). Dessa forma, essa natureza subjetiva impede a aplicação de técnicas estatísticas tradicionais, como testes de hipóteses ou medidas de correlação (Santos *et al.*, 2021).

Ciente da impossibilidade de aplicar técnicas estatísticas tradicionais no AHP, Saaty (1990) propôs duas medidas para avaliar a confiabilidade dos resultados:

- **Índice de Razão de Consistência:** Essa medida verifica se as comparações realizadas entre os critérios e alternativas são consistentes entre si. Um valor de RC menor ou igual a 0,10 indica alta consistência, enquanto valores acima indicam inconsistências que podem afetar a confiabilidade dos resultados. Quanto mais próximo de zero for o RC, maior a consistência da matriz de comparação par a par e, conseqüentemente, maior a confiabilidade dos resultados.

- **Análise de Sensibilidade:** Essa análise avalia como as mudanças nos pesos dos critérios afetam o ranking final das alternativas. Ela permite identificar os critérios mais influentes na decisão e verificar a robustez dos resultados, ou seja, se a ordem das alternativas no ranking se altera significativamente quando os pesos dos critérios são modificados.

Alonso e Lamata (2006), reconhecendo a natureza subjetiva das comparações par a par e o impacto da diversidade de participantes na consistência da matriz de comparação, argumentam que o valor tradicional de RC menor ou igual a 0,10, proposto por Saaty (1990), pode ser incompatível com a realidade de cenários que envolvem diversidade de participantes. Com isso, os autores propõem um ajuste no valor aceitável do RC, reconhecendo que a subjetividade e a diversidade podem levar a um grau de inconsistência maior do que o originalmente proposto.

Assim, sugerem um valor de RC aceitável de 0,20 para cenários com diversidade de participantes, considerando que isso representa uma matriz com consistência razoável.

A análise de sensibilidade é realizada nos métodos de multicritérios para avaliar a robustez dos resultados obtidos. Segundo Oliveira e Martins (2015), a verificação da qualidade dos resultados obtidos é considerável para validar a aplicação do método, a questão está em quão sensíveis são as prioridades em relação a pequenas variações dos valores dos julgamentos.

Para Saaty e Vargas (2013), a análise de sensibilidade no AHP complementa a análise da Razão Consistência, permitindo avaliar a robustez da decisão final em diferentes cenários. Assim, ao observar como a decisão final muda em resposta a alterações nos pesos dos critérios, nas comparações par a par ou em outros inputs do modelo, é possível identificar *trade-offs* (compensações) entre os critérios e avaliar as implicações de diferentes prioridades (Russo; Camanho, 2015).

Para Ahadi *et al.* (2023), essa análise contribui para uma melhor compreensão do processo decisório e dos fatores que influenciam a escolha final. Portanto, a combinação da análise de sensibilidade com a análise de consistência torna-se uma ferramenta poderosa para validar o modelo AHP e verificar se ele está adequadamente representando o problema decisório.

3.2.1.2 Agregação Individual dos Julgamentos

A subjetividade inerente ao método AHP introduz desafios na análise dos resultados por ele propostos. Essa dificuldade se intensifica quando o método é aplicado a um grupo de participantes, tornando complexa a identificação da alternativa mais vantajosa. Diante disso, pesquisadores aprimoraram o método AHP, idealizado

por Saaty (1990), propondo a agregação de julgamentos para viabilizar uma análise coletiva e fundamentada.

Segundo Forman e Peniwati (1998), a agregação de julgamentos individuais pode ser realizada por meio de duas abordagens distintas: Agregação de Julgamentos Individuais (*Aggregation of Individual Judgments* (AIJ), na língua inglesa) e Agregação de Preferências Individuais (*Aggregation of Individual Priorities* (AIP), na língua inglesa). Em ambas as abordagens, o método de agrupamento empregado é a média geométrica ponderada.

Para Bernasconi, Choirat e Seri (2014), a maneira mais simples de realizar a AIJ consiste em assumir que todos os tomadores de decisão possuem igual importância, desde que pertençam a um mesmo conjunto de atributos, como grau de instrução e familiaridade com o tema do objetivo proposto.

De acordo com Dong e Cooper (2016) a principal vantagem da AIJ no método AHP reside na preservação da integridade e originalidade dos julgamentos individuais de cada membro do grupo. Ao utilizar a AIJ, cada tomador de decisão tem a oportunidade de contribuir com sua perspectiva única, resultando em uma matriz de comparação que reflete a diversidade de opiniões e conhecimentos presentes dentro do grupo.

Os principais objetivos da Agregação de Valores no AHP são:

- **Consenso:** A agregação busca um consenso entre os decisores, harmonizando suas avaliações e ponderações individuais para alcançar uma visão holística da decisão;
- **Priorização:** Por meio da agregação, as alternativas são priorizadas de acordo com sua relevância e atratividade em relação aos critérios estabelecidos; e
- **Coerência:** A agregação garante a coerência interna das comparações e julgamentos, assegurando que as decisões sejam consistentes e livres de contradições.

3.2.2 PESQUISAS COM O MÉTODO AHP

A pesquisa de doutorado de Ventura (2009) propôs um modelo para avaliar o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS). O modelo proposto baseia-se em indicadores de desempenho derivados de entrevistas com profissionais da saúde da Santa Casa de São Carlos, SP, e da análise de especialistas. Por meio de

entrevistas com profissionais foram coletadas 29 variáveis de observação relevantes para o gerenciamento de RSS. A análise dessas variáveis, realizada por meio da Análise Fatorial, permitiu identificar os principais fatores que influenciam a efetividade do gerenciamento de RSS. A hierarquização dos indicadores foi realizada por meio da opinião de sete especialistas que avaliaram a importância de cada indicador utilizando o método AHP. Essa hierarquização possibilitou determinar quais indicadores são mais críticos para o gerenciamento eficaz de RSS. Com base nos resultados da pesquisa, Ventura (2009) construiu um índice global para avaliar a situação geral do gerenciamento de RSS na Santa Casa de São Carlos.

Os resultados do estudo demonstraram que o modelo de avaliação por indicadores de desempenho proposto por Ventura (2009) é uma ferramenta robusta e eficaz para identificar pontos fortes e fracos no sistema de gerenciamento de RSS, priorizar ações de melhoria e monitorar o desempenho do gerenciamento de RSS ao longo do tempo. O estudo de Ventura (2009) contribuiu significativamente para a área da saúde pública ao oferecer uma ferramenta valiosa para aprimorar o gerenciamento de RSS em estabelecimentos de saúde. A aplicação do modelo permite garantir a segurança dos profissionais de saúde, proteger o meio ambiente e promover a qualidade dos serviços prestados à população.

Mattana *et al.* (2012) propõem um método inovador para a seleção do tipo de agregado ideal (natural ou areia de rocha) na produção de argamassas de revestimento, utilizando o método AHP para apoiar a tomada de decisão. O estudo também determinou a composição do traço ideal para cada tipo de agregado. A pesquisa selecionou 10 critérios relevantes às propriedades físicas das argamassas e comparou duas alternativas: agregado natural e areia de rocha. A avaliação foi realizada por quatro especialistas experientes, que compararam os critérios par a par. O resultado indicou que o critério crucial para a decisão final é o traço utilizado na composição da argamassa. Os autores afirmaram que a aplicação do AHP gerou um índice global que caracterizou o desempenho dos materiais em relação ao conjunto de critérios empregados. O resultado final comprovou a eficácia do AHP como ferramenta de apoio à tomada de decisão na escolha de argamassas industrializadas, fornecendo informações precisas e embasadas para a seleção do tipo de agregado e da composição do traço ideal para cada aplicação.

Em sua tese de doutorado, Zeule (2018) investigou o desempenho das Instalações Provisórias de Canteiros de Obras (IPC), com foco na seleção adequada de materiais para minimizar os impactos ambientais. A autora propôs um protocolo inovador, embasado nos métodos multicritério AHP e Escolha por vantagens (*Choosing by Advantages* (CBA), na língua inglesa) para auxiliar as empresas na escolha de telhas e contêineres mais sustentáveis. O protocolo permitiu a comparação e hierarquização de critérios como impacto ambiental, custo, durabilidade e desempenho térmico, além de avaliar a viabilidade econômica das alternativas. Os resultados demonstram a eficácia do protocolo na tomada de decisão, permitindo às empresas identificarem as opções mais sustentáveis, comparar as alternativas de forma objetiva e selecionar os materiais que melhor atendem às suas necessidades. A implementação do protocolo em empresas de construção civil foi recomendada pela autora, com foco na capacitação de profissionais, no desenvolvimento de ferramentas para facilitar sua aplicação e na pesquisa de novos materiais com menor impacto ambiental.

No âmbito da gestão de resíduos sólidos urbanos, Suquisaqui (2020) desenvolveu o Sistema de Avaliação de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (SAGReS), uma ferramenta inovadora para avaliar os diversos aspectos do gerenciamento em municípios brasileiros. A autora utilizou o método AHP para hierarquizar indicadores pré-definidos, que servem como parâmetros dentro do SAGReS. Por meio da aplicação da ferramenta em estudos de caso em Araraquara e São Carlos, Suquisaqui (2020) demonstrou a efetividade do SAGReS na avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos em nível nacional, com potencial para ser aplicada em qualquer município brasileiro. A ferramenta contribuiu para uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos urbanos, promovendo a melhoria da qualidade de vida da população e a proteção do meio ambiente.

Lucena e De Mori (2018) realizaram um estudo para hierarquizar métodos de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta (CE) em empresas de construção civil, utilizando o processo multicritério AHP. Para isso, os autores elencaram doze critérios relevantes para a avaliação dos métodos de mensuração da CE. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário online, contando com a participação de 22 especialistas com experiência em CE e gestão de obras. Os especialistas compararam os critérios em pares e avaliaram os métodos de

mensuração em relação a esses critérios. Os resultados obtidos pelos autores demonstraram que o AHP é uma ferramenta útil para hierarquizar métodos de mensuração do grau de aplicação da CE, considerando diferentes critérios e a opinião de especialistas.

Outro exemplo de aplicação do método AHP no âmbito da construção civil foi o trabalho realizado por Direitinho (2020), que estudou o desenvolvimento de um modelo de gerenciamento dos RCC produzidos em canteiros de obras de edifícios verticais multifamiliares. Neste estudo, o autor identificou que diferenças no gerenciamento dos RCC por parte das construtoras, tanto na qualidade (eficiência) quanto no método utilizado, pois em alguns casos as empresas não possuem nenhum tipo de controle do volume de resíduo gerado e, ainda, não se preocupam com medidas de mitigação das perdas.

No estudo de Rosa, Carvalho e Haddad (2020), os autores propuseram uma metodologia para avaliação de riscos em atividades de construção civil, utilizando a integração do Método de Análise de Ressonância Funcional (*Functional Resonance Analysis Method* (FRAM), na língua inglesa) com o método AHP. A pesquisa visou identificar e quantificar os riscos ocupacionais e ambientais a que um profissional da construção civil está sujeito ao operar um equipamento de britagem de resíduos. Para realizar o estudo, os autores selecionaram um grupo multidisciplinar de seis participantes, composto por especialistas em saúde, segurança e meio ambiente, representantes dos trabalhadores e técnicos da área de construção civil. A participação desse grupo diversificado foi fundamental para a coleta de informações precisas e a construção de um modelo abrangente de avaliação de riscos.

A integração do FRAM e AHP permitiu explorar novas perspectivas na avaliação de riscos, proporcionando uma análise mais profunda e holística dos fatores que influenciam a segurança e a saúde ocupacional. O FRAM, por sua vez, auxiliou na identificação dos diferentes modos de falha e variabilidades do sistema, enquanto o AHP possibilitou a quantificação e priorização dos riscos identificados. De acordo com Rosa, Carvalho e Haddad (2020), a utilização do AHP apresentou-se como um suporte essencial para a colaboração entre a equipe de análise, facilitando a comunicação e a tomada de decisões conjuntas. Além disso, o método AHP contribuiu para a apresentação clara e objetiva dos resultados, destacando as alternativas mais prováveis e de maior importância para a mitigação dos riscos.

O estudo de Rosa, Carvalho e Haddad (2020) demonstrou a viabilidade da integração do FRAM e AHP como uma ferramenta eficaz para avaliação de riscos em atividades complexas como a construção civil. A metodologia proposta pelos autores ofereceu uma abordagem abrangente e participativa, que pode ser utilizada para identificar e quantificar os riscos ocupacionais e ambientais, contribuindo para a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores.

Saud, Al-gahtani e Alsugair (2022) propõem uma metodologia para a seleção otimizada de paredes externas em projetos de construção, combinando os métodos AHP, Engenharia de Valor (EV) e o Sistema de Análise de Funções (*Function Analysis System Technique* (FAST), na língua inglesa). Além disso, foi utilizado também o Modelo de Informação da Construção (*Building Information Modeling* (BIM), na língua Inglesa) para facilitar a modelagem e avaliação das alternativas. A metodologia se iniciou com a elaboração de um questionário para validar o peso dos critérios previamente definidos. Esses critérios são então utilizados nos métodos EV e FAST para avaliar cada alternativa de parede externa. Um estudo de caso em um edifício comercial demonstrou a efetividade da metodologia, com base na opinião de três especialistas selecionados.

Os resultados indicaram que a metodologia proposta por Saud, Al-gahtani e Alsugair (2022) ofereceu uma avaliação confiável e robusta para a seleção de paredes externas, considerando tanto aspectos técnicos quanto econômicos. A integração dos métodos AHP, EV e FAST permitiu uma análise abrangente e multidimensional das alternativas, auxiliando na tomada de decisão mais consciente e eficiente. A utilização do BIM facilitou a visualização e análise das alternativas, além de otimizar o processo de avaliação. A metodologia de Saud, Al-gahtani e Alsugair (2022) abriu caminho para futuros estudos na área da construção civil, visando padronizar a avaliação de alternativas de paredes externas e promover a seleção de soluções mais sustentáveis e eficientes.

3.2.3 SELEÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO AHP

A partir dos textos apresentados, pode-se concluir que o método AHP é bastante versátil, pois foi aplicado em diversos estudos com objetivos distintos. Além disso, em alguns estudos, o método foi utilizado juntamente com outras ferramentas devido à complexidade, necessitando essa integração. No entanto, percebeu-se que

o método AHP, por si só, já se destaca como um método aplicável a problemas complexos, desde que as estratégias estejam bem definidas e alinhadas com o objetivo geral.

Vale ressaltar que esta pesquisa está inserida nas temáticas "Sustentabilidade da Construção" e "Gestão de Pré-Moldados de Concreto" do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (PPGECiv/UFSCar). Outras pesquisas deste mesmo grupo também aplicaram o método AHP, demonstrando a relevância e a eficácia dessa ferramenta.

É importante para o grupo de pesquisa analisar as possibilidades de integração das ferramentas aplicadas nas diversas pesquisas, visando contribuir cada vez mais para a divulgação do conhecimento técnico e científico, além de identificar as lacunas existentes nas áreas de estudo.

A escolha do método AHP para esta pesquisa partiu da premissa de que era necessário um método de análise multicritério que auxiliasse na tomada de decisão, permitindo a identificação dos critérios mais relevantes para o contexto dos RCPF e a seleção da alternativa que melhor atendesse aos objetivos da pesquisa. Conclui-se que o método AHP atende às necessidades desta pesquisa e pode ser aplicado como suporte à decisão, considerando a subjetividade envolvida no processo.

4. MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Gil (2008), este estudo pode ser classificado como pesquisa exploratória, pois busca uma compreensão mais estruturada do problema para torná-lo mais claro e explícito. Portanto, além disso, nesse tipo de pesquisa, também é permitido ao pesquisador ampliar sua experiência no âmbito de um determinado problema (Leopardi, 2002).

Conforme Ensslin *et al.* (2015), a lógica de pesquisa ou linha de raciocínio pode ser dedutiva, indutiva ou uma combinação das duas. Assim, considerando que esta pesquisa busca o conhecimento por meio do processo científico e, portanto, responder sua pergunta de pesquisa, a utilização de uma metodologia multicritérios na etapa de estruturação caracteriza esse trabalho como de lógica indutiva.

Da mesma forma, após a fase de estruturação do problema, a etapa de avaliação utiliza lógica dedutiva para analisar as alternativas disponíveis ao tomador de decisão. Assim, a esta pesquisa se caracteriza por empregar uma combinação das lógicas indutiva e dedutiva para o alcançar seus objetivos (Ensslin *et al.*, 2015). Por fim, esta pesquisa apresenta uma certa subjetividade, uma vez que os métodos multicritérios permitem espaço para a subjetividade. Conforme Suhr (1999), não existe um método de tomada de decisão que seja totalmente objetivo, pois entre os métodos qualificados como sólidos, alguns podem ser objetivos e outros subjetivos.

4.1 Delineamento da Pesquisa

Segundo Cervo e Bervian (2002), um tema de pesquisa se caracteriza por ser qualquer área do saber que necessita de maior compreensão e refinamento, impulsionando a busca por novos conhecimentos. Para Rudio (1998), o tema da pesquisa evolui de uma ideia geral para um tópico claro e objetivo, permitindo uma investigação aprofundada e rigorosa, fundamentada no conhecimento prévio e nas características do campo de estudo.

De acordo com Gil (2008) o tema da pesquisa deve ser fruto de uma reflexão sobre as diferentes áreas do conhecimento, buscando um tópico que desperte o interesse do estudante e que se conecte com seu conhecimento prévio, possibilitando uma investigação aprofundada e inovadora. A escolha do campo de pesquisa deve

estar intimamente relacionada ao tema da investigação, assegurando que o estudo se concentre em uma área específica e relevante para a área de conhecimento em questão (Cervo; Bervian, 2002).

O tema pode surgir de um interesse particular ou profissional, de algum estudo ou leitura (Cervo; Bervian, 2002). Segundo Fernandes (2002), a escolha do tema ideal deve considerar três aspectos cruciais:

- I. **Relevância para a comunidade científica:** O tema deve apresentar potencial para gerar contribuições significativas para o conhecimento em sua área, respondendo a perguntas relevantes e impulsionando o avanço da ciência;
- II. **Conexão com a atividade profissional do pesquisador:** A pesquisa deve estar alinhada com a área de atuação do pesquisador, permitindo a aplicação de seus conhecimentos e habilidades, além de contribuir para o seu desenvolvimento profissional;
- III. **Viabilidade técnica e financeira:** A pesquisa deve ser realizável dentro dos recursos disponíveis, tanto em termos técnicos quanto financeiros, garantindo a qualidade dos resultados e a conclusão do projeto.

Santos e Parra (1998) defendem que a paixão pelo tema de pesquisa é fundamental para o sucesso do trabalho, pois garante a motivação e o entusiasmo necessários para superar os desafios do processo. Além disso, ressaltam a importância da gestão eficiente do tempo, com planejamento detalhado e acompanhamento constante do cronograma, para garantir a entrega do trabalho dentro do prazo previsto. Acreditam na acessibilidade das informações e dados como base para a confiabilidade dos resultados, defendendo a transparência e a abertura como princípios norteadores da pesquisa. Por fim, Santos e Parra (1998) enfatizam que a pesquisa deve buscar a produção de novos conhecimentos e percepções relevantes, expandindo o saber existente e gerando contribuições significativas para a área de estudo, com foco na resolução de problemas reais e na geração de benefícios para a sociedade.

De acordo com Gil (2008), o procedimento para coleta de dados se destaca como o elemento central no delineamento da pesquisa. Ele afirma que o delineamento "expressa em linhas gerais o desenvolvimento da pesquisa, com ênfase nos procedimentos técnicos de coleta e análise de dados". Ou seja, a qualidade e a

confiabilidade dos dados coletados determinam diretamente a validade dos resultados da pesquisa. Gil (2008) propõe duas categorias práticas de delineamento de pesquisa:

Categoria 1: Pesquisa documental e bibliográfica: Utiliza documentos e materiais já existentes como fonte de dados, permitindo a revisão de literatura e a construção de um arcabouço teórico; e

Categoria 2: Pesquisa de campo, experimento e estudo de caso: Coleta dados diretamente da realidade, permitindo a investigação original do tema, a testagem de hipóteses e a geração de novos conhecimentos.

Conforme Volpato (2011), o delineamento da pesquisa, ou "estratégia do estudo", atua como a bússola intelectual do cientista, direcionando a metodologia e o desenvolvimento da investigação. Ele deve evidenciar a lógica e a dinâmica da pesquisa, garantindo a coerência e a efetividade do estudo.

4.1.1 FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA PESQUISA

A pesquisa de doutorado "Aplicação da análise multicritério à decisão na avaliação da sustentabilidade dos resíduos de concreto pré-fabricado.", incluindo a realização de disciplinas, foi conduzida entre os anos de 2020 e 2024. A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar, tendo recebido a seguinte numeração para o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 75969023.5.0000.5504.

A coleta de dados para esta pesquisa foi realizada por meio de questionários eletrônicos aplicados a profissionais que atuam no processo de produção de elementos de concreto pré-fabricado ou no gerenciamento de atividades em empresas fabricantes de elementos estruturais de concreto pré-fabricado.

Durante a fase exploratória, foi realizada visita *in loco* em algumas fábricas de concreto pré-fabricado para aumentar a percepção sobre a situação dos resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF) e auxiliar nas fases de planejamento, estruturação e exploração da pesquisa.

Portanto, para atender o objetivo principal desta pesquisa, conforme descrito no capítulo de introdução, esta pesquisa foi dividida em sete fases. A Figura 9 apresenta um fluxograma ilustrando esquematicamente as etapas da pesquisa.

Figura 9: Fluxograma com as atividades realizadas ao longo da pesquisa



Fonte: Autor.

(I) Fase de Fundamentação e Definição dos Objetivos. Nesta fase, foi identificada a proposta do tema geral desta pesquisa. A participação na elaboração do capítulo de livro internacional (Serra; Soares; Sarti Junior, 2023), que abordou o assunto "Gerenciamento de ativos aplicado ao concreto reciclado", permitiu a identificação de lacunas na literatura e a constatação de que os métodos de tomada de decisão para os RCPF não foram observados no Brasil. Essa constatação revelou um gargalo que pode ser estudado e debatido. A participação neste capítulo de livro foi fundamental, pois possibilitou ao autor deste trabalho uma análise abrangente das formas de gerenciamento que os principais pesquisadores da área estão aplicando e que podem ser adaptadas ao contexto nacional.

(II) Fase de Planejamento. A presente pesquisa teve seu planejamento iniciado a partir da definição do tema. Nessa etapa inicial, foi realizado um levantamento bibliográfico para identificar e analisar os métodos de tomada de decisão e as estratégias de gerenciamento dos RCC que estão sendo aplicados na prática e que podem ser utilizados no contexto dos RCPF. Para tal, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (Sarti Junior; Serra; Biotto, 2024) com o objetivo de identificar, em pesquisas publicadas na literatura relevante, as principais estratégias de gerenciamento dos RCC e os métodos de tomada de decisão utilizados. A revisão sistemática evidenciou uma escassez de estudos focados na área dos RCPF, o que reforça a relevância e a necessidade desta pesquisa. Nessa etapa, também foi

definido o método de tomada de decisão a ser empregado na pesquisa o *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

(III) Fase de Estruturação. Para estruturar a presente pesquisa, foi realizado um Estudo Piloto com o objetivo de identificar as principais fontes de geração dos RCPF. Para tal, foi conduzida uma pesquisa exploratória em parceria com uma fábrica de lajes alveolares, possibilitando a análise do processo de fabricação dos elementos, desde a produção, armazenamento e movimentação interna até a expedição das lajes. Essa análise possibilitou a identificação das fontes geradoras dos RCPF, bem como as estratégias de gerenciamento adotadas pela empresa para esses resíduos. As formas de destinação dos RCPF na empresa eram limitadas, restringindo-se ao acúmulo em um local específico e ao descarte em aterros legais ou doação para a prefeitura, à medida que surgiam oportunidades. Essa situação gerava diversos desafios para a empresa, como custos adicionais com armazenamento e descarte, riscos ambientais e de saúde pública, e a necessidade de buscar soluções mais sustentáveis para o gerenciamento desses resíduos. Os resultados do Estudo Piloto, publicados no artigo Sarti Junior; Bazílio e Serra (2021) evidenciaram a necessidade de uma investigação sobre as práticas de gerenciamento dos resíduos oriundos da pré-fabricação de elementos de concreto, com ênfase nas alternativas de destinação dos RCPF no âmbito nacional.

(IV) Fase Exploratória. Em busca de identificar as principais estratégias que as empresas fabricantes de concreto pré-fabricado têm adotado para realizar o descarte dos RCPF, foi realizado um estudo exploratório por meio de uma visita in loco em uma empresa que produz diversos tipos de elementos estruturais pré-fabricados, como lajes, vigas, pilares e painéis. O foco desta visita foi identificar, além das alternativas disponíveis que a empresa contava para realizar o descarte dos RCPF, os principais aspectos que norteavam tais tomadas de decisão. A definição do público-alvo também foi realizada nesta etapa da pesquisa.

(V) Fase de coleta de dados. Com base nas informações coletadas na fase exploratória, foi elaborado um questionário que contemplava desde perguntas para identificar o perfil do respondente e da empresa até perguntas para identificar as preferências do respondente em relação aos critérios que embasam a tomada de decisão sobre as alternativas de descarte dos RCPF. O questionário foi estruturado de forma a coletar os dados necessários para a aplicação do método AHP, com

perguntas do tipo comparação par a par e atribuição de peso (nota) à alternativa de maior importância em relação à outra. O questionário foi distribuído de forma online a especialistas que atuam em empresas de concreto pré-fabricado e foi realizado convite por meio das mídias sociais dos pesquisadores. A versão online do questionário pode ser verificada no Apêndice C.

(VI) Fase de aplicação do método AHP. Nesta etapa, o método AHP foi aplicado utilizando os dados coletados por meio do questionário respondido por profissionais da área de pré-fabricados de concreto. O método AHP se baseia na definição do objetivo principal, que neste caso é selecionar a melhor alternativa para o descarte ou reutilização dos RCPF. Em seguida, foram definidos os critérios que serviram como base para a tomada de decisão. Três critérios foram definidos para esta pesquisa: Ambientais, Técnicos e Econômicos. Esses critérios foram selecionados com base no estudo piloto realizado na fase de estruturação. Para cada critério principal, foram definidos cinco subcritérios que detalham melhor o que cada critério abrange. Na fase final do AHP, foram definidas três alternativas de destinação para os RCPF. Essas alternativas foram selecionadas com base nas práticas atuais das empresas, nos resultados do capítulo Serra; Soares e Sarti Junior (2023) e em propostas de ações com foco na sustentabilidade identificadas ao longo do doutorado.

(VII) Fase de interpretação dos resultados. A interpretação dos resultados do método AHP foi realizada a partir de uma análise aprofundada dos resultados obtidos para cada questionário respondido. Considerando que o foco desta pesquisa foi a aplicação do método AHP para auxiliar na tomada de decisão sobre a destinação dos RCPF, analisou-se se a alternativa escolhida com base nas respostas dos especialistas está em consonância com as práticas da empresa. Para isso, foi utilizado o índice Razão de Consistência (RC). Esse índice indica se a tomada de decisão é confiável ou apresenta incoerências. Os resultados foram calculados utilizando matrizes conforme o método AHP, elaboradas especificamente para esta pesquisa em planilhas no software Excel. Posteriormente, os resultados foram validados por meio dos cálculos realizados no *software* IPÊ da Universidade Federal Fluminense (UFF). Os resultados das validações estão apresentados no Apêndice E.

4.1.2 PÚBLICO-ALVO

Os resíduos de concreto pré-fabricado é o foco central desta pesquisa. Portanto, as atividades relacionadas ao processo de produção, armazenamento,

controle de qualidade, transporte e descarte dos elementos pré-fabricados que geram os RCPF foram contempladas, pois o objetivo principal é propor o método de tomada de decisão AHP para auxiliar na escolha da melhor opção para descarte e/ou reutilização dos RCPF.

Para tal, o público-alvo desta pesquisa foi definido como os profissionais que atuam ou prestam serviços no processo de fabricação de elementos de concreto pré-fabricados, sejam eles do setor da produção, qualidade, projetos, logística, ambiental ou gerenciamento de empresas. Todos esses profissionais possuem formação em ensino superior e experiência na área, e por isso, foram identificados como especialistas.

Ao contrário de outros métodos de análise multicritério que se baseiam em dados quantitativos e técnicas estatísticas, o AHP se destaca por sua abordagem qualitativa. Em vez de depender de amostras e cálculos estatísticos para comprovar seus resultados, o AHP utiliza o julgamento subjetivo do tomador de decisão para determinar a importância relativa dos critérios pré-definidos, bem como o desempenho das alternativas propostas em relação a cada critério (Belton; Stewart, 2011).

Essa subjetividade inerente ao AHP, muitas vezes vista como uma limitação, se torna uma força ao permitir a captura da percepção individual do decisor. Essa perspectiva única é crucial em cenários onde dados quantitativos podem ser escassos ou inconsistentes, permitindo que o método AHP forneça percepções (*insights*, na língua inglesa) valiosas mesmo sob incerteza.

Conseqüentemente, a determinação do número de amostras no AHP se torna um ponto de partida, pois o método não se baseia em análises estatísticas tradicionais que dependem da quantidade de dados para produzir resultados significativos. O foco do método reside na consistência das comparações realizadas pelo decisor e na interpretação criteriosa dos resultados (Santos *et al.*, 2021).

No AHP, a natureza qualitativa se manifesta na atribuição de valores de preferência e importância pelos especialistas por meio de comparações pareadas entre os critérios e alternativas. Essas comparações foram feitas usando escalas proporcionais, como a escala de Saaty, que expressa a intensidade relativa de preferência ou importância.

Como resultado dessa abordagem qualitativa, o AHP se torna menos sensível ao tamanho da amostra em comparação com métodos estatísticos tradicionais. A

precisão dos resultados no AHP depende mais da consistência e da qualidade dos julgamentos dos especialistas do que da quantidade de dados disponíveis (Guglielmetti *et al.*, 2003). Segundo Terra *et al.* (2019), embora o AHP não exija um número exato de amostras, é crucial garantir que o processo de coleta de dados e de julgamento seja cuidadosamente planejado e executado para garantir a confiabilidade e a validade dos resultados. Isso inclui a seleção criteriosa dos especialistas e a verificação da consistência dos julgamentos.

Para respaldar essas afirmações, no item 3.2.2, foram apresentadas diversas pesquisas que empregaram o método de tomada de decisão AHP clássico ou em conjunto com outro método de tomada de decisão. Em todas essas pesquisas, as métricas utilizadas para verificar a funcionalidade e eficácia do método foram baseadas na análise da Razão de Consistência e na Análise de Sensibilidade. Destacou-se também a seleção criteriosa dos respondentes, os quais foram classificados como especialistas no assunto.

4.2 Fatores Críticos de Sucesso

A aplicação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) em pesquisas é considerada essencial e determinante, pois contribui para o alcance dos objetivos de um estudo. Os FCS podem ser definidos como características, condições ou recursos que, se gerenciados de forma eficaz, garantem a qualidade e relevância da pesquisa (Lavagnon, 2009). Os FCS que permeiam esta pesquisa são:

- Compreensão do Método AHP;
- Definição dos objetivos da pesquisa;
- Seleção adequada dos critérios e subcritérios;
- Coleta de dados precisa;
- Análise e interpretação corretas dos dados;
- Verificação e validação dos resultados;
- Apresentação clara e eficaz dos resultados;
- Relevância e aplicabilidade prática;
- Planejamento e organização adequados; e
- Ética e integridade na pesquisa.

Diante disso, para realizar a seleção adequada dos critérios e, posteriormente, dos subcritérios, foram identificados os principais fatores que estão ligados aos RCPF. Além disso, sabe-se que, para o pleno funcionamento de uma empresa, ela estará sujeita a licenças de instalação, operação e funcionamento. Logo, para seu funcionamento dentro da lei, é preciso possuir tais liberações e realizar a renovação quando expiradas.

Para garantir o bom funcionamento, uma empresa deve descartar seus resíduos somente em locais legalizados, como aterros ou empresas que emitem o certificado de recebimento e destinação correta do resíduo. Caso a empresa opte por não descartar, ela deverá possuir um espaço dedicado para armazenamento dos RCPF. Para isso, o transporte e movimentação devem ser realizados por caminhões e guindastes, pois devido ao tamanho e volume, é humanamente inviável realizar tais movimentações sem equipamentos específicos.

Outra oportunidade seria realizar a destinação dos RCPF pensando na sustentabilidade, podendo implantar na empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-los em agregados reciclados ou firmar parcerias com empresas recicladoras que realizam esse tipo de atividade. Tanto na primeira opção como na segunda, é certo que será necessário o investimento para implantação da central e haverá um custo significativo para a empresa terceira realizar o processamento. Contudo, em contrapartida, o produto será a matéria-prima (o agregado reciclado) que pode ser direcionada na produção de artefatos de concreto não estruturais ou então revendê-los para empresas e outros consumidores finais. Analisando as alternativas de destinação propostas neste trabalho para os RCPF, observa-se que estas foram pautadas em fatores ambientais, técnicos e econômicos.

4.2.1 MATRIZ SWOT

Nesta seção, é apresentada a análise SWOT realizada para analisar os aspectos ambientais, técnicos e econômicos relacionados à destinação dos RCPF. A análise SWOT foi elaborada com o objetivo de identificar, por meio de uma visão mais abrangente, os pontos fortes (S - *Strengths*), fracos (W - *Weaknesses*), oportunidades (O - *Opportunities*) e ameaças (T - *Threats*) relacionados aos critérios pré-definidos que nortearam a tomada de decisão para a destinação dos RCPF.

4.2.1.1 Análise SWOT – Critério Ambiental

A análise SWOT para o critério ambiental visa identificar os principais fatores que estão ligados ao processo de destinação dos RCPF que, de alguma maneira, provocam impactos no meio ambiente ou que fomentem a sustentabilidade. O Quadro 5 detalha os principais fatores ambientais que influenciaram a tomada de decisão na destinação dos RCPF, fundamentando as justificativas das escolhas.

Quadro 5: Matriz SWOT elaborada para o critério ambiental

Critério Ambiental	
Forças	Redução do impacto ambiental por meio da reciclagem dos RCPF, com potencial para atender às regulamentações ambientais e aos padrões de sustentabilidade.
Fraquezas	Dificuldades no processo de identificação dos RCPF e opções para descarte; custos com licenças ambientais associados à implantação de uma central de processamento dos RCPF.
Oportunidades	Reciclagem dos RCPF, transformando-o em agregado reciclado e promovendo a sustentabilidade; aumento da conscientização sobre a gestão de resíduos na indústria de elementos estruturais pré-fabricados de concreto.
Ameaças	Necessidade de infraestrutura dedicada à reciclagem dos RCPF e possíveis restrições oriundas de leis e normas.

Fonte: Autor.

4.2.1.2 Análise SWOT – Critério Técnico

Nesta seção, é apresentado, no Quadro 6, a análise SWOT para o critério técnico, que tem como objetivo identificar os fatores que estão relacionados aos processos transformação dos RCPF em agregado reciclado. Com isso, são detalhados os principais fatores técnicos que influenciaram na tomada de decisão para a destinação dos RCPF.

Quadro 6: Matriz SWOT elaborada para o critério técnico

Critério Técnico	
Forças	Potencial para implementar técnicas mais avançadas de reciclagem e reutilização dos RCPF; otimização dos processos para reduzir a geração de resíduos.
Fraquezas	Limitações de equipamentos específicos para a reciclagem dos RCPF; necessidade de treinamento e capacitação da mão de obra para implementar novas técnicas.
Oportunidades	Realizar o processamento dos RCPF, transformá-los em agregados reciclados e produzir artefatos de concreto; firmar parcerias com empresas recicladoras.
Ameaças	Resistência à adoção de novas tecnologias por parte da indústria da construção; elementos estruturais pré-fabricados não podem ser constituídos por agregado reciclado.

Fonte: Autor.

4.2.1.3 Análise SWOT – Critério Econômico

Apresenta-se no Quadro 7 a análise SWOT do critério econômico com o objetivo de identificar os principais fatores relacionados aos custos e receitas que impactam na destinação dos RCPF.

Dessa forma, são elencados os principais aspectos econômicos que influenciaram a tomada de decisão sobre a destinação dos RCPF, fundamentando as justificativas das escolhas.

Quadro 7: Matriz SWOT elaborada para o critério econômico

Critério Econômico	
Forças	Redução de custos com o descarte dos RCPF em aterros. Possibilidade de geração de receita por meio da venda dos agregados reciclados.
Fraquezas	Investimento inicial necessário para implementar o processamento dos RCPF. Flutuação dos preços de mercado para materiais reciclados.
Oportunidades	Aumento da demanda por materiais sustentáveis na construção. Implementação de certificação de qualidade e agregação de valor ao produto final. Possibilidade de celebrar parcerias com empresas e ou associações recicladoras para terceirizar o processamento.
Ameaças	Volatilidade econômica e variações nos preços dos materiais de construção. Competição de mercado e barreiras comerciais para materiais reciclados.

Fonte: Autor.

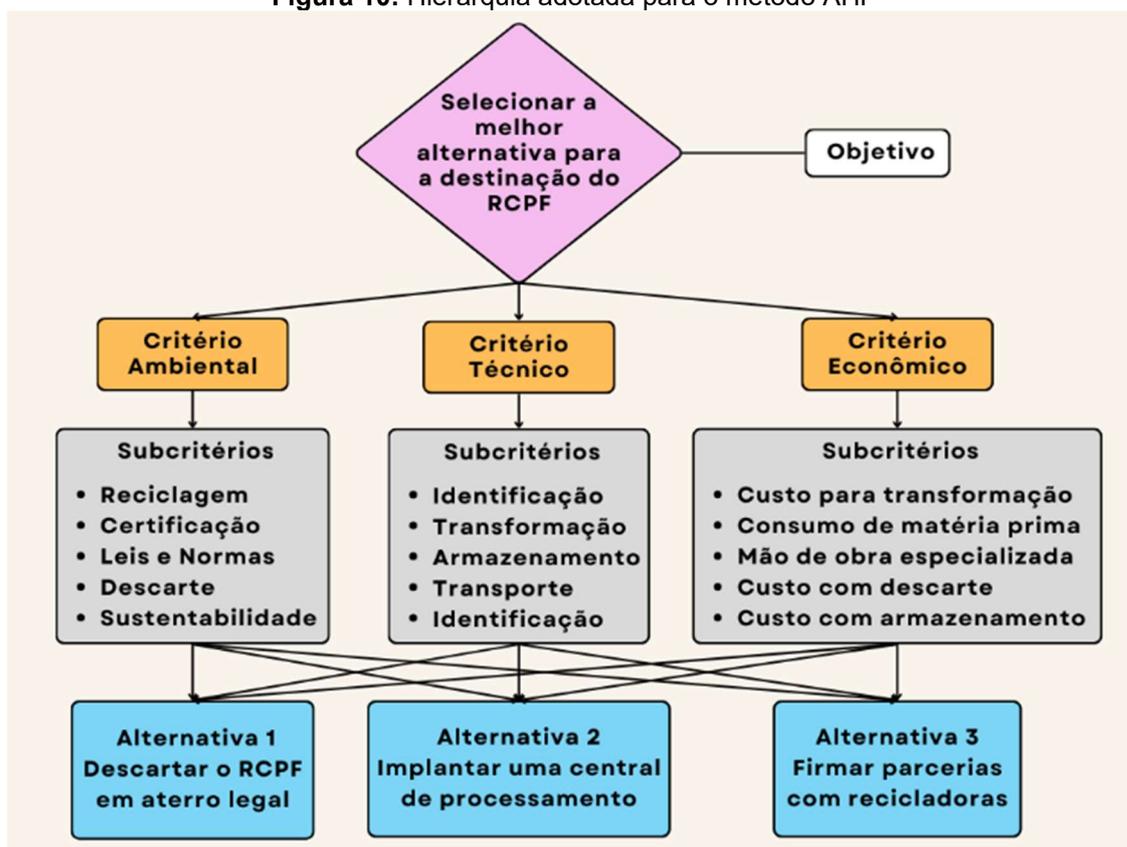
4.3 Aplicação do método AHP

O método AHP, proposto para auxiliar na tomada de decisão sobre a destinação dos RCPF, foi aplicado com base em estratégias previamente definidas. Considerando-se apenas os aspectos que viabilizam a destinação dos RCPF, a Figura 10 apresenta-se o fluxograma que ilustra a hierarquia adotada neste estudo.

No topo, encontra-se o objetivo principal, seguido pelos critérios e subcritérios em um nível intermediário. As alternativas, no último nível hierárquico, nortearão as decisões e os critérios fundamentarão as justificativas das escolhas. Os itens a seguir detalham as etapas da aplicação do método AHP, desde a elaboração e aplicação do questionário até a identificação dos resultados.

As etapas incluem a definição dos critérios, subcritérios (técnicos, ambientais e econômicos) e alternativas, além da coleta e extração de dados, aplicação dos dados nas matrizes AHP e identificação dos resultados.

Figura 10: Hierarquia adotada para o método AHP



Fonte: Autor.

4.3.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS - QUESTIONÁRIO

Um componente crucial para o sucesso da aplicação do Método AHP reside na coleta de dados confiáveis e representativos. Nesse contexto, o questionário se destaca como um instrumento essencial para a obtenção das informações necessárias à análise.

Para a aplicação do método AHP, nesta pesquisa, foi elaborado um questionário que abrange desde informações para caracterização do respondente e dados para caracterizar a empresa, até os julgamentos par a par dos critérios, subcritérios e alternativas. As questões foram elaboradas com base no estudo piloto realizado e nos critérios técnicos, ambientais e econômicos pesquisados, os quais foram pré-definidos anteriormente e que foram necessários para aplicar o método AHP. Dessa forma, destacou-se que o foco principal do questionário foram os julgamentos par a par.

O questionário foi disponibilizado aos respondentes por meio de um link de acesso. Participaram da pesquisa treze respondentes atuantes no setor de pré-fabricados de concreto tal como será descrito no capítulo seguinte. No Apêndice C

encontra-se o questionário completo. Logo, os dados foram coletados de forma online, e o público-alvo selecionado para esta pesquisa foram os profissionais que atuam em empresas ou são prestadores de serviço do setor de concreto pré-fabricado, identificados como especialistas.

O questionário foi elaborado e estruturado no site *SurveyMonkey*®, o qual já no início apresentava uma breve introdução e objetivo da pesquisa, além do *link* de acesso para o participante acessar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) específico para esta pesquisa. Se o participante clicasse em "concordo" com os termos, ele prosseguia para a primeira etapa de perguntas. Se não concordasse, o questionário era finalizado e exibia uma mensagem de agradecimento pela participação. Em seguida, eram coletados os dados de caracterização dos respondentes.

Seguindo a filosofia do método AHP, na segunda etapa do questionário, o respondente realizou a comparação par a par dos critérios principais. Na etapa seguinte, realizou a comparação par a par dos subcritérios para cada critério principal (ambiental, técnico e econômico). Por fim, na última etapa, foi realizada a comparação par a par das alternativas propostas para a destinação dos RCPF frente aos critérios principais.

Na comparação par a par, o respondente utilizou como referência a escala de prioridades de importância proposta por Saaty (1990). Neste julgamento, o respondente seleciona o item que considera mais importante e atribui um peso (nota) de acordo com a importância relativa do item escolhido em relação ao outro item não escolhido. No Quadro 8 apresenta-se a escala de intensidade proposta por Saaty (1990) para o método AHP.

Quadro 8: Escala de Priorização por Pares de Saaty (1990)

Intensidade de importância	Definição	Recíproco
1	Ambos os elementos são de mesma importância .	1
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	1/3
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	1/5
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	1/7
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	1/9
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	1/2, 1/4, 1/6 e 1/8

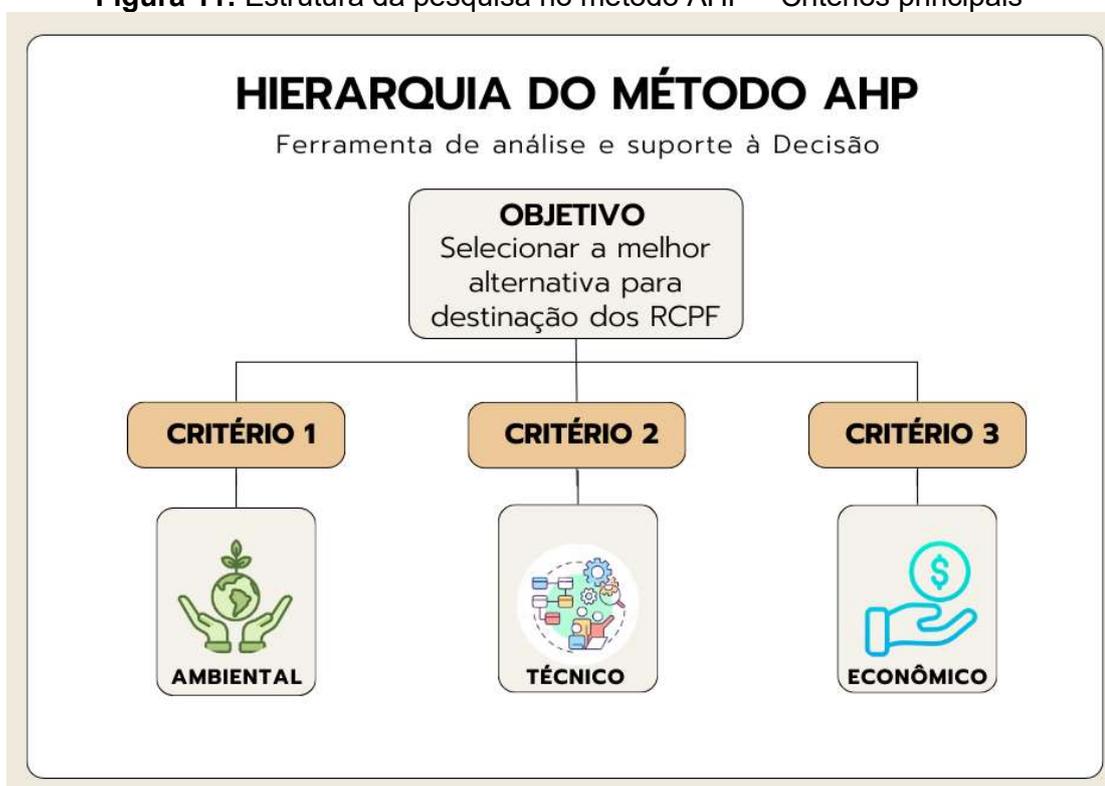
Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

A seguir, são detalhadas as etapas da aplicação do método AHP e a metodologia empregada no questionário para coleta de dados e aplicação dos dados nas matrizes AHP.

4.3.1.1 Critérios

Como mencionado anteriormente, esta pesquisa tem como intuito propor a aplicação do método AHP para a tomada de decisão, de modo a fornecer suporte e as informações necessárias para a avaliação e definição da melhor opção para a destinação ou reutilização dos RCPF. Com isso, seguindo a metodologia proposta pelo método AHP, foram definidos três critérios principais, que foram utilizados como orientadores na tomada de decisão. Esses critérios foram estabelecidos por meio do estudo piloto realizado na fase de estruturação da pesquisa, no qual identificou-se que os aspectos ambientais, técnicos e econômicos são fundamentais no contexto dos RCPF. A estrutura proposta para este trabalho é apresentada na Figura 11, seguida pela explicação do método de comparação aplicado e de cada critério principal.

Figura 11: Estrutura da pesquisa no método AHP – Critérios principais



Fonte: Autor.

Conforme proposto por Saaty (1990), a primeira etapa do método AHP é identificação do critério que possui maior importância dentre as opções disponíveis para o respondente, com isso, nesta pesquisa os especialistas realizaram o julgamento par a par para identificar dentre os critérios ambiental, técnico e econômico qual possui maior importância no âmbito dos RCPF. Para isso, no questionário foram elaboradas três perguntas onde os especialistas puderam escolher somente uma opção e atribuir uma intensidade sobre esta.

Para melhor exemplificação, o Quadro 9 apresenta a estrutura de comparação par a par aplicada no questionário com o objetivo de identificar o critério que possui maior importância.

Quadro 9: Comparação par a par – definição do critério de maior importância

Critérios Principais																		
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico

Fonte: Autor.

4.3.1.2 Critério Ambiental

Os critérios ambientais, focados nesta pesquisa, estão ligados à sustentabilidade que a empresa promove. Além disso, neste critério são consideradas toda a parte de legislação ambiental, certificações ambientais e boas práticas que a empresa realiza.

Para garantir a qualidade dos produtos, as empresas utilizam certificações de qualidade e ambiental nos produtos que produzem. Neste sentido, a destinação correta dos RCPF irá contribuir para uma destinação alinhada aos princípios da sustentabilidade, agregando mais valor ao produto e possibilitando a empresa conseguir tais certificações e garantir os níveis de excelência requeridos.

Considerar esses critérios ambientais não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental ou apenas para atender às demandas contemporâneas, mas também para alinhar-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Os ODS são uma agenda global para o desenvolvimento sustentável até 2030, abordando questões como redução da desigualdade, energia limpa, cidades sustentáveis e ação climática.

Além disso, pode ser uma vantagem competitiva, uma vez que muitos clientes e diversos projetos de construção valorizam práticas sustentáveis e buscam produtos de construção com menor impacto ambiental.

Deste modo, é crucial que as empresas adotem práticas sustentáveis e se alinhem com os ODS, não apenas como uma responsabilidade ambiental, mas também como uma estratégia de mercado para se destacarem em um cenário cada vez mais consciente e exigente.

4.3.1.3 Critério Técnico

Os critérios técnicos, pré-definidos para esta pesquisa, estão relacionados aos processos que envolvem desde a fase de identificação dos RCPF, local apropriado para armazenamento, transporte, controle de qualidade até os equipamentos necessários para transformação dos RCPF em agregado reciclado.

A fase de identificação iniciou-se por meio da análise nos componentes pré-fabricados que sofreram algum tipo de avaria. Assim, estes devem passar por uma verificação inicial para identificação e detalhamento das condições gerais e do estado de sua integridade. Em seguida, a equipe técnica deve definir qual é a melhor opção para a situação: reparar e recuperar o elemento ou descartá-lo. Para as peças que foram identificadas e definidas como descarte, estas devem ser acomodadas em locais adequados, protegidas das intempéries e longe da movimentação de pessoas, com o objetivo de resguardá-las de possíveis acidentes.

Como, na grande maioria das vezes, os elementos pré-fabricados possuem grandes dimensões e peso elevado, será necessário utilizar equipamentos e veículos que atendam aos requisitos para movimentação e para o transporte para o local onde os RCPF serão destinados.

Além deste tipo de resíduo (componentes inteiros), existem também os resíduos menores, os quais são produzidos durante o processo de fabricação, podendo ser o início e fim das pistas de lajes alveolares (as cabeceiras), cortes estratégicos em lajes para integração com outros elementos, ajustes na altura de pilares e vigas, dentre outros. Este segundo tipo de resíduo também requer um local específico para acomodação e posterior destinação.

Logo, considerando o cenário em que a empresa opta por transformar os RCPF em agregados reciclados, será necessário a implantação de uma central de

processamento, que requer a utilização de equipamentos específicos e de alta performance para realizar tal transformação.

No caso dos RCPF, os equipamentos necessários para transformá-los em agregados reciclados são de grande porte e dedicados a essa prática, pois os RCPF possuem alta resistência (na ordem de 50 MPa) e podem danificar os equipamentos se estes não forem específicos para essa atividade. De um modo geral não é recomendado que os equipamentos que realizam o processamento dos RCC sejam aplicados para os RCPF.

Neste sentido, os critérios técnicos representam a complexidade do processo de tratamento e destinação de um resíduo pré-fabricado, pois para realizar estas atividades é fundamental que as empresas invistam em tecnologia e infraestrutura adequadas para o processamento dos RCPF. Com isso, será garantido não apenas a eficiência na reciclagem, mas também a segurança e a conformidade com as regulamentações ambientais e de qualidade.

4.3.1.4 Critério Econômico

Os critérios econômicos dizem respeito aos custos associados aos RCPF para a empresa, incluindo o transporte dos resíduos, a locação ou aquisição de equipamentos específicos para a transformação dos resíduos em agregados reciclados. Além disso podem ser consideradas as receitas potenciais provenientes da venda dos RCPF para transformação subsequente ou da utilização dos agregados reciclados oriundos dos RCPF como substitutos da matéria-prima convencional.

Conforme observado nos critérios anteriores, é crucial garantir que todas as atividades relacionadas à destinação final dos RCPF estejam alinhadas com os critérios ambientais e técnicos. Portanto, o critério econômico desempenha um papel significativo nesta etapa, servindo como um guia na tomada de decisão.

A atividade de armazenamento dos RCPF demanda um local específico. Caso a empresa não disponha de espaço físico adequado, será necessário buscar alternativas, como a locação ou aquisição de um espaço dedicado.

O descarte dos resíduos também acarreta custos, uma vez que o descarte de materiais inertes deve ser realizado exclusivamente em locais legalizados. Nesse contexto, as empresas responsáveis pela gestão dos aterros possuem despesas de

recebimento e acomodação desses resíduos, exigindo que a empresa emita um certificado de destinação e uma nota fiscal de serviço.

Um levantamento na literatura correlata revelou que, no Brasil, não é comum a prática de processamento dos resíduos pré-fabricados, dado que estes requerem equipamentos especializados de alto custo e a necessidade de operadores qualificados.

Portanto, a implantação de uma unidade de processamento dos RCPF exigiria a elaboração de um projeto de viabilidade técnica e econômica, além da obtenção das licenças de operação junto aos órgãos municipais, estaduais e federais. Assim, compreende-se que se trata de um processo que demanda significativo investimento de tempo e recursos financeiros.

É importante destacar que, se a empresa optar por transformar os RCPF em agregados, estes não poderão ser utilizados na fabricação de elementos estruturais. Conforme a NBR 15116 (ABNT, 2021), o uso de agregados reciclados é recomendado apenas em elementos estruturais com resistência de até 20 MPa.

Dessa forma, a empresa só poderá incorporá-los à sua linha de produção caso disponha de uma linha de produtos não estruturais, como blocos para piso drenante (*pavers*) e artefatos decorativos de concreto, entre outros.

Uma alternativa viável seria a venda do agregado reciclado excedente para outras empresas do segmento não estrutural.

Ambas as opções têm o potencial de gerar receita para a empresa. No primeiro cenário, ao integrá-los à sua produção, a empresa reduzirá o consumo de matéria-prima convencional. No segundo cenário, a empresa obtém receita com as vendas.

4.3.1.5 Subcritérios

Dado que os critérios principais pré-definidos podem ser complexos, no método AHP devem ser adotados subcritérios para desdobrar esses critérios em componentes menores e mais específicos. Essa subdivisão pode ser realizada para facilitar o processo de comparação e avaliação, tornando-o mais preciso e detalhado.

Ao desmembrar os critérios principais em subcritérios, torna-se possível analisar e ponderar as alternativas de forma mais refinada, o que contribui para melhorar a precisão da avaliação, facilitar a comparação e reduzir o viés de decisão.

Com isso, nesta pesquisa, para cada critério principal foram atribuídos cinco subcritérios, de modo atender as premissas que o método AHP requer.

4.3.1.6 Subcritérios Ambientais

Para o critério ambiental, foram definidos cinco subcritérios que permeiam o âmbito do concreto pré-fabricado, ou seja, subcritérios voltados para atividades que envolvem os RCPF e que possuem relação com o meio ambiente, contemplando itens de legislação ambiental, de certificações ambientais e de boas práticas que podem ser aplicadas na boa gestão.

A hierarquia do critério ambiental e os subcritérios pré-definidos para esta pesquisa é apresentada na Figura 12, seguida pela explicação mais detalhada de cada subcritério e o método de definição aplicado.

Figura 12: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Ambientais



Fonte: Autor.

Com o objetivo de identificar o subcritério ambiental que possui maior importância, no questionário foram elaboradas dez perguntas onde os especialistas puderam realizar o julgamento de cada comparação e atribuir uma intensidade de importância. Assim, em cada pergunta, o Especialista avaliava qual subcritério era

mais importante e atribua uma nota com a intensidade de importância para o subcritério escolhido. Para melhor exemplificação, o Quadro 10 apresenta a estrutura de comparação par a par aplicada no questionário com o objetivo de identificar o subcritério que possui maior importância dentro do critério ambiental.

Quadro 10: Comparação par a par – Subcritérios ambientais

Subcritérios - Critério Ambiental																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental

Fonte: Autor.

Reciclagem: A reciclagem de resíduos de concreto é uma prática importante para reduzir o impacto ambiental da indústria de concreto pré-fabricado, seja por meio de processos que visam minimizar o desperdício (recuperação ou reaproveitamento do elemento avariado) ou até mesmo na identificação do resíduo e encaminhamento para o tratamento adequado. Este subcritério está focado em práticas que visam reduzir os impactos ambientais causados pela indústria de concreto pré-fabricado. Isso pode ser alcançado através da recuperação de peças danificadas ou da utilização dos RCPF, como, por exemplo, na transformação em agregados reciclados para posterior utilização. Nesse contexto, a empresa que adotar tais práticas poderá priorizar uma destinação que promova a reciclagem dos resíduos por ela produzidos.

Certificação: As empresas buscam certificações ambientais reconhecidas internacionalmente, como a NBR ISO 14001 (ABNT, 2015), para demonstrar seu compromisso com práticas sustentáveis e gestão ambiental eficaz. Além disso, para estabelecer a credibilidade e a confiança no mercado, podem promover a adoção generalizada de práticas sustentáveis na indústria de concreto pré-fabricado. Para isso, as empresas implementam sistemas internos de controle de qualidade, auditorias internas, para monitorar e garantir que os resíduos gerados tenham o tratamento correto. Algumas empresas também buscam a colaboração com organismos de certificação externos, auditorias externas, que podem avaliar e validar suas práticas de reciclagem. Os certificados emitidos por esses organismos podem

ser usados para demonstrar a conformidade com padrões específicos. Dessa forma, a empresa que busca obter certificações ambientais e reconhecimento por suas práticas sustentáveis no processo de fabricação de seus produtos visa, além de ganhar credibilidade no mercado, assegurar que seus processos estejam em conformidade com os padrões requeridos.

Leis e Normas: A política de descarte dos RCPF é a mesma definida para os RCC, conforme Resolução CONAMA nº 307/2002. Além disso as empresas fabricantes de concreto pré-fabricado estão sujeitas à PNRS, Lei nº 12.305/2010, que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos RCC e a observação das leis que podem variar nos Níveis Estadual e Municipal. Com base nestas informações, as empresas fabricantes de elementos de concreto pré-fabricado devem cumprir os requisitos mínimos que as legislações vigentes instituem. Assim, a empresa deve, no mínimo, cumprir com o que a legislação exige, além de aplicar as recomendações da PNRS e da legislação municipal de resíduos sólidos. Dessa forma, ela atende às regulamentações ambientais locais e nacionais, podendo obter as licenças ambientais de operação.

Descarte: O descarte dos RCPF exige atenção especial devido à natureza específica do material (dimensões, peso e volume) e aos impactos ambientais que o descarte inadequado pode causar. Assim como os RCC, os RCPF são considerados como inerte, ou seja, não sofrem nenhum tipo de alteração físico-química em sua composição. Logo, o manejo destes resíduos deve possuir regras pré-estabelecidas para que não cause maiores impactos no meio ambiente. A depender do local onde o RCPF for depositado, ele pode atrapalhar o fluxo de veículos, obstruir galerias de água pluvial e assoreamento de solo. Neste sentido, o descarte correto é a prioridade da empresa, pois é importante saber que os RCPF não estão agredindo o meio ambiente mesmo que de forma indireta. Com isso, a empresa deve buscar realizar o descarte somente em locais licenciados.

Eficiência ambiental: A indústria de concreto pré-fabricado vem buscando cada vez mais se tornar sustentável, buscando reduzir seus impactos ambientais e sociais. Diversas medidas foram tomadas para alcançar esse objetivo, tais como a elaboração de projetos com melhor aproveitamento, mitigação da geração de resíduos, utilização de matéria prima com baixa emissão de gás carbônico (CO₂),

otimização nos transportes e reaproveitamento de elementos avariados. Com base nestas informações, percebeu-se que o assunto sustentabilidade é frequentemente abordado nas empresas de pré-fabricados e os procedimentos realizados dentro da produção, armazenamento, transporte e descarte devem estar em sintonia com este assunto. A adoção de práticas para reduzir o consumo de energia durante a produção, como a otimização de processos, o uso de tecnologias mais eficientes e a implementação de fontes de energia renovável e o reaproveitamento dos RCPF devem ser metas que a empresa procura atingir.

4.3.1.7 Subcritérios Técnicos

No critério técnico, foram estabelecidos cinco subcritérios que abrangeram o escopo do concreto pré-fabricado, ou seja, subcritérios que se concentraram em atividades que envolviam os RCPF. De um modo geral foram consideradas cinco etapas, sendo elas: identificação, transformação, armazenamento, transporte e aplicação ou processamento dos RCPF. A hierarquia do critério técnico e os subcritérios pré-definidos é apresentada na Figura 13, seguida pela explicação mais detalhada de cada subcritério.

Figura 13: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Técnicos



Fonte: Autor.

Em busca de identificar o subcritério técnico que possui maior importância, no questionário foram elaboradas dez perguntas onde os especialistas puderam realizar a comparação par a par e atribuir uma intensidade de importância para cada subcritério escolhido. Logo, em cada pergunta, o Especialista deveria avaliar qual subcritério era mais importante e atribuir uma nota com a intensidade de importância para o subcritério escolhido. Para melhor exemplificação, o Quadro 11 apresenta a estrutura de comparação par a par aplicada no questionário com o objetivo de identificar o subcritério que possui maior importância dentro do critério técnico.

Quadro 11: Comparação par a par – Subcritérios Técnicos

Subcritérios – Critério Técnico																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação

Fonte: Autor.

Identificação: O processo de identificação dos RCPF pode ser conduzido por meio de uma lista de verificação ou *checklist*, que abordará informações técnicas fundamentais para embasar a tomada de decisão. Quando um elemento sofre alguma avaria, seja durante o processo de fabricação, movimentação, armazenamento ou transporte, na maioria das vezes é possível repará-lo e reutilizá-lo. No entanto, quando isso não é viável, o elemento se torna um RCPF. Portanto, é crucial que a equipe de profissionais do departamento técnico e de produção possua o conhecimento necessário para essa identificação e para uma decisão mais acertada.

Neste contexto, a empresa deve contar com uma equipe especializada responsável pelo processo de verificação de elementos avariados. Podem ser realizados procedimentos que avaliem se houve ou não a perda da capacidade estrutural do elemento. Se essa perda for confirmada, o elemento passará a ser então identificado como RCPF.

Transformação: O processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados envolve atividades que requerem equipamentos específicos para demolição, transporte e britagem, além de mão de obra especializada.

De acordo com as características que os elementos de concreto pré-fabricados são produzidos (grandes dimensões, peso elevado, acentuado uso de aço e concreto com alta resistência) os equipamentos necessários para transformação dos RCPF em agregados reciclados devem ser especiais e, na grande maioria das vezes, podem ser importados. Deste modo, os equipamentos empregados para fazer a reciclagem dos RCC não comportam o processamento desse tipo de resíduo, pois a capacidade do equipamento normalmente é inferior à que os RCPF requerem.

Assim, entende-se que o processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados não pode ser feito utilizando os mesmos equipamentos dimensionados para os RCC, ou seja, requer um estudo detalhado contemplando uma média de volume de resíduos produzidos, o dimensionamento adequado de uma planta de recebimento, processamento e armazenamento dos agregados reciclados. Os equipamentos devem ser dimensionados de forma a atender a capacidade e a durabilidade requerida pelos RCPF. Além disso, é essencial contar com um laboratório de apoio que realize ensaios para garantir que as características técnicas dos RCPF, como a granulometria, estejam dentro dos padrões exigidos pela norma. Esse laboratório também poderá servir como suporte para a calibração dos equipamentos.

Armazenamento: A logística de movimentação e armazenamento dos RCPF deve ser feita de modo a suprir as necessidades da empresa. Conforme mencionado anteriormente, na grande maioria das vezes, os RCPF são elementos de grandes dimensões (lajes e vigas), com isso, os equipamentos para movimentação serão de grande porte. Além disso, o local para armazenamento deve ser de fácil acesso. O armazenamento dos RCPF normalmente é um gargalo a que as empresas fabricantes estão sujeitas, pois necessita de espaços específicos para acomodar tais RCPF e de equipamentos de grande porte (ponte rolante ou guindaste) que nem sempre poderão estar disponíveis.

Deste modo, a empresa deve separar em locais distintos os RCPF. Um local deve ser destinado para acomodar os RCPF que serão descartados, oriundos do processo de fabricação e de avarias, enquanto outro local deve ser reservado para os RCPF passíveis de serem reaproveitados em projetos futuros, que são oriundos de incompatibilidade de projetos, cancelamento de compra e erros na fabricação. Ao dispor os resíduos em locais separados para descarte e reaproveitamento, evita-se a mistura desses elementos.

Transporte: O transporte dos RCPF é um fator limitante para as empresas, pois os caminhões devem possuir capacidade de peso e comprimento. Neste ponto inclui-se os equipamentos necessários para movimentação (içamento), pois não é comum ter ponte rolante fora da pista de produção, sendo necessária o emprego de guindastes.

No processo de descarte dos RCPF oriundos do processo de fabricação, é possível encaminhar estes resíduos ao aterro em caminhões menores, já o descarte de elementos maiores requer um transporte dedicado. No cenário considerando que a empresa pretende instalar uma unidade recicladora dos RCPF será necessário a utilização de equipamentos e veículos de transporte específicos.

Aplicação: A utilização e a prática de transformação dos RCPF em agregado reciclado são pouco utilizadas no Brasil. A partir de 2021 a NBR 15116 (ABNT, 2021) passou a considerar os RCC para fins de concreto estrutural, no entanto com limitação de resistência máxima de 20 MPa. Deste modo, as empresas fabricantes de elementos de concreto pré-fabricado não conseguiriam absorver a produção de agregados reciclados, caso houver a disponibilidade, pois as características dos componentes deste sistema construtivo envolvem elementos com grandes resistências (acima de 50 MPa). Dessa forma, o uso dos RCPF pode ser alternativa para a produção de artefatos de concreto para fins não estruturais, tais como pisos de pavimentação, cobogós, tijolos etc. Para isso, a empresa deve dispor não apenas de uma planta definida para a produção de elementos de concreto pré-fabricado, mas também de uma linha de produção adicional destinada à fabricação complementar de artefatos de concreto. Essa linha deverá ser capaz de absorver os agregados reciclados oriundos do processamento dos RCPF, permitindo à empresa produzir novos produtos com um enfoque sustentável.

4.3.1.8 Subcritérios Econômicos

Para o critério econômico, foram definidos cinco subcritérios que permeiam o âmbito do concreto pré-fabricado frente a atividades relacionadas aos RCPF, as quais geram custos ou receitas para a empresa. Ou seja, estes subcritérios estão voltados para o processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados, diminuição do consumo de matéria prima tradicional ou venda do agregado reciclado, custo com utilização de mão de obra especializada, custo com o armazenamento adequado dos

RCPF além do custo para realizar descarte correto dos RCPF. A hierarquia do critério econômico e os subcritérios pré-definidos é apresentada na Figura 14, seguida pela explicação mais detalhada de cada subcritério.

Figura 14: Estrutura da pesquisa no método AHP – Subcritérios Econômicos



Fonte: Autor.

Com o intuito de identificar o subcritério econômico que possui maior importância frente ao critério econômico, no questionário foram elaboradas dez perguntas onde os especialistas puderam realizar a comparação par a par. Portanto, em cada pergunta, o Especialista deverá avaliar qual subcritério considera mais importante e atribuir uma nota com a intensidade de importância para o subcritério escolhido. Para melhor exemplificação, o Quadro 12 apresenta a estrutura de comparação par a par aplicada no questionário com o objetivo de identificar o subcritério que possui maior importância dentro do critério econômico.

Quadro 12: Comparação par a par – Subcritério Econômico

Subcritérios – Critério Econômico																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte

Subcritérios – Critério Econômico																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento

Fonte: Autor.

Custo para Transformação: A transformação dos RCPF em agregados reciclados requer significativos investimentos em máquinas, equipamentos específicos e espaço físico para produção, armazenamento, consumo e comercialização. Portanto, caberá à empresa avaliar o interesse em investir nesse segmento, considerando não apenas os custos com licenças operacionais, mas também os custos com mão de obra especializada, treinamentos e transporte. Nesse contexto, sugere-se a realização de um estudo de viabilidade técnica e econômica abrangendo todo o processo de produção, transformação, armazenamento e transporte dos agregados reciclados.

Consumo de matéria prima: Pode haver lucro com a utilização de agregados reciclados oriundos dos RCPF, pois utilizando-se dos agregados reciclados produzidos na própria empresa não será necessário ter grandes estoques de matéria prima natural adquirida de terceiros. Entretanto, o volume dos RCPF deve ser compatível com a demanda de produção de agregados reciclados. Considerando que a empresa irá transformar os RCPF em agregados reciclados o excedente do material que ela produzir e não consumir, poderá ser vendido para terceiros. Esta será uma forma de gerar receita para a empresa.

Custo com mão de obra especializada: Os custos associados à contratação e treinamento da mão de obra especializada, responsável pela operação da planta, representam investimentos significativos. Além disso, será necessário contar com funcionários atuando nos setores comercial, logística, laboratório de qualidade e financeiro. Os funcionários deverão ser treinados e capacitados e se tornarão fundamentais no processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados. Os

operadores, pois, deverão estar constantemente atentos ao processamento, garantindo o controle de qualidade tanto da granulometria quanto do armazenamento e da forma de comercialização do produto final.

Custo com o descarte: Considerando que a empresa não possui interesse em produzir agregados reciclados, deverão ser garantidas as condições para garantir o descarte correto em locais licenciados. Os locais de descarte normalmente cobram dos interessados uma taxa para receber os RCPF e acomodá-los em locais estratégicos (aterros a céu aberto). No entanto, como provavelmente trata-se de um volume considerável de componentes com peso elevado, serão necessários caminhões de grande porte além de máquinas dedicadas para fazer o manejo correto dos componentes danificados no aterro.

Atualmente, a grande maioria das empresas recorre a esse tipo de serviço, pois não dispõe de espaço adequado para acomodar os RCPF nas instalações da própria fábrica. Dessa forma, as empresas devem buscar fornecedores que façam a retirada dos RCPF para locais certificados, que geralmente estão localizados próximos a cidades de grande porte.

Custo com armazenamento: Os custos com armazenamento dos RCPF estão diretamente relacionados ao espaço físico necessário para acomodá-los. Os RCPF de menor tamanho podem ser alocados em caçambas ou baias, enquanto os elementos maiores devem ser dispostos em locais de fácil acesso para retirada, uma vez que requerem o uso de guindastes para sua movimentação. Dessa forma, a empresa deverá prever um espaço específico para essa prática, evitando que os RCPF sejam armazenados no mesmo ambiente que os elementos estruturais íntegros, para minimizar o risco de confusão entre as peças. Além disso, para os RCPF que serão reaproveitados, é aconselhável que sejam armazenados em locais protegidos das intempéries, garantindo a sua qualidade.

4.3.1.9 Alternativas

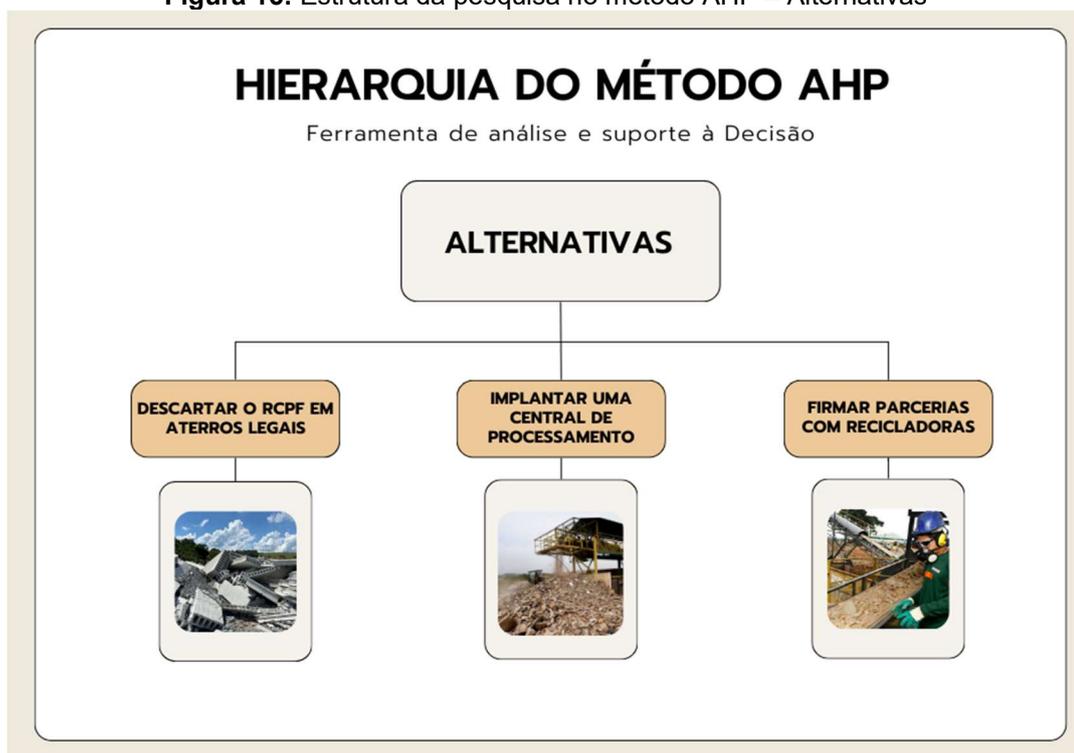
Esta pesquisa tem como intuito propor a aplicação do método AHP para a tomada de decisão, de modo a fornecer suporte e as informações necessárias para a avaliação e definição da melhor opção para a destinação ou reutilização dos RCPF.

Conforme mencionado, seguindo a metodologia proposta pelo método AHP, foram definidas três alternativas, que serão utilizadas na tomada de decisão. Essas

alternativas foram estabelecidas por meio do levantamento realizado na fase exploratória da pesquisa, no qual identificou-se a existência dos RCPF e a forma como a empresa do estudo piloto lidava com esse material. Observou-se uma significativa limitação quanto à reciclagem e ao reaproveitamento dos RCPF, sendo a única forma de destinação adotada era por meio de aterros de materiais inertes legais.

Buscando outras formas de destinação, verificou-se uma carência de empresas ou associações que realizam a o processamento completo dos RCPF na região, não sendo possível discutir a alternativa de destinar o resíduo para uma central destinada aos RCPF. A alternativa seguinte seria a implantação de uma central de processamento para produzir agregados reciclados. No entanto, como a empresa é especializada em lajes alveolares e não produz elementos de concreto não estrutural, não houve interesse da empresa do estudo piloto por essa alternativa. Percebeu-se que seria oportuno verificar como outras empresas do mesmo segmento produtivo estão fazendo com os RCPF. Seria interessante investigar se, dadas as alternativas, elas optariam por continuar descartando ou promover a sustentabilidade por meio da reciclagem e produção de agregados reciclados. A estrutura proposta para este trabalho é apresentada na Figura 15, seguida pela explicação mais detalhada de cada alternativa.

Figura 15: Estrutura da pesquisa no método AHP – Alternativas



Fonte: Autor.

Na etapa final, com o objetivo de identificar a melhor alternativa para destinar os RCPF, o método AHP recomenda que seja realizado a identificação da alternativa que possui maior importância. No entanto, estas alternativas devem estar ligadas a um contexto, que no caso desta pesquisa são os critérios principais.

Para isso, no questionário foram elaboradas perguntas onde os especialistas puderam realizar a comparação par a par e atribuir uma intensidade de importância para cada alternativa escolhida. Logo, em cada pergunta, o Especialista avaliava qual opção de destinação dos RCPF era mais importante, frente ao subcritério principal identificado, e atribuía uma nota com a intensidade de importância para a alternativa escolhida.

Para melhor exemplificação, o Quadro 13 apresenta a estrutura de comparação par a par aplicada no questionário com o objetivo de identificar a opção de destinação dos RCPF que possuía maior importância dentro das alternativas pré-definidas para esta pesquisa frente aos subcritérios.

Quadro 13: Comparação par a par – Alternativas para destinação do RCPF

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Fonte: Autor.

Os itens a seguir apresentam os cenários finais elaborados para a destinação dos RCPF. Foram propostas três alternativas, que contemplam as atividades de descarte, o processamento dos RCPF na própria empresa e parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento dos RCPF. Dessa forma, as alternativas contemplam atividades distintas e viáveis de serem realizadas.

Descartar os resíduos de concreto pré-fabricado em aterros certificados: nesta alternativa, é entendido que a melhor opção para a destinação dos RCPF é descartá-los em aterros de materiais inertes legalizados. Assim, o problema de destinação dos RCPF será solucionado de forma legal, mesmo sabendo que isso implicará em custos elevados e não promoverá a sustentabilidade.

Implantar na empresa uma central de processamento dos resíduos e transformá-los em agregados para consumo ou venda: nesta alternativa, a melhor opção para a destinação dos RCPF é processá-los e transformá-los em agregado reciclado. A forma de destinação pode ser por meio do uso desses agregados em uma linha de produtos não estruturais, como artefatos de concreto decorativos, pisos intertravados, entre outros. Além disso, o excedente que não for utilizado na produção poderá ser vendido para empresas do mesmo segmento ou uso até 20 MPa. Ao adotar essa alternativa, será promovida a sustentabilidade por meio da reciclagem dos RCPF, mesmo ciente de que tais operações demandam investimentos elevados, equipamentos específicos e mão de obra especializada.

Firmar parcerias com associações recicladoras que realizam o processamento dos resíduos: nesta alternativa, a melhor opção para a destinação dos RCPF é estabelecer parcerias com associações, consórcios ou empresas que realizam o processamento de resíduos em geral. Mesmo ciente da inexistência de tais associações, essa solução poderá ser considerada uma boa alternativa concentrando a destinação dos RCPF de várias fabricantes em uma central de processamento específica para este tipo de resíduo. Dessa forma, seria possível realizar a destinação dos RCPF de maneira correta e legal, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade. Por meio dessas centrais, seriam gerados agregados reciclados que contribuiriam para minimizar o uso de matéria-prima no setor da construção civil. Essas centrais podem ser do tipo fixo, implantadas em locais estratégicos, ou móveis, planejadas em cooperação entre empresas e municípios, abrangendo diversas regiões de atuação.

É importante salientar que, para esta pesquisa, as alternativas de destinação dos RCPF foram previamente identificadas na fase exploratória. Dentre as três alternativas propostas, apenas a opção "Descartar em aterro de materiais inertes legal e certificado" se mostrou viável ou mais praticada no Brasil no momento. As outras duas alternativas, "Implantar na empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-los em agregados reciclados" e "Firmar parcerias com empresas ou associações que realizam o processamento dos RCPF", embora promovam a sustentabilidade, ainda são pouco implementadas para os RCPF, segundo o estudo realizado.

4.4 MÉTODOS DE CÁLCULO EMPREGADOS NAS MATRIZES AHP

Neste item é apresentado a metodologia de cálculo empregada na segunda etapa do método AHP, na qual consiste nos cálculos das matrizes. Nesta pesquisa, as matrizes de cálculo foram elaboradas utilizando o Microsoft Excel. Os resultados foram confirmados posteriormente no *software* IPÊ, conforme Apêndice E. Essa etapa se inicia com a matriz de opinião, onde são inseridos os pesos atribuídos pelos julgadores.

É importante frisar que este item se dedica exclusivamente à apresentação dos métodos de cálculo utilizados nesta pesquisa. A apresentação dos resultados obtidos por meio desses métodos será realizada no próximo capítulo. Para facilitar a compreensão e diferenciar os métodos de cálculo dos resultados, serão utilizadas letras ou símbolos quando for possível e necessário exemplificar uma determinada situação. Essa medida visa organizar o texto e evitar ambiguidades.

De acordo com Saaty (1990), a lógica para inserir os dados na matriz segue a seguinte critério:

- O peso atribuído ao critério selecionado como de maior importância é inserido na linha da matriz referente ao critério selecionado.
- Para a comparação entre os critérios, a matriz deve ser recíproca. Ou seja, se A for 6 vezes mais importante que B, logo B deve ser 1/6 mais importante que A.

4.4.1 IDENTIFICAÇÃO DO CRITÉRIO DE MAIOR IMPORTÂNCIA

O Quadro 14 apresenta um exemplo da matriz de opinião elaborada para esta pesquisa.

Quadro 14: Exemplo de Matriz de Opinião - Critérios

Critérios	C1	C2	C3
C1	1	A	B
C2	1/A	1	1/C
C3	1/B	C	1

Fonte: Autor.

Na terceira etapa, foi realizada a elaboração da matriz normalizada, transformando as frações em números inteiros e, em seguida, realizando a soma das colunas de cada critério, com isso obtém-se um índice para cada critério.

Para exemplificar a aplicação do método, utilizou-se na matriz de opinião as letras A, B e C para representar valores específicos. Na presente exemplificação, as

letras correspondem aos números A= 3; B= 6 e C= 7. No Quadro 15 apresenta-se um exemplo da matriz normalizada elaborada para esta pesquisa.

Quadro 15: Exemplo de Matriz Normalizada - Critérios

Critérios	C1	C2	C3
C1	1,00	3,00	6,00
C2	0,33	1,00	0,14
C3	0,16	7,00	1,00
SOMA	1,53	11,00	6,14

Fonte: Autor.

Na quarta etapa, calcula-se os valores da Normalização, que são obtidos pela divisão do peso do critério pela soma correspondente a cada critério e na próxima etapa, a quinta, calculou-se o valor da Prioridade Média Local (PML) para cada critério, que é obtido pela média da linha do critério na tabela de Normalização. Os Quadros 16 e 17 apresentam, respectivamente, exemplos da normalização e da PML elaborados para esta pesquisa com base na exemplificação adotada no matiz de opinião.

Quadro 16: Exemplo de normalização da matriz de cálculo - Critérios

Critérios	C1	C2	C3
C1	0,653	0,273	0,814
C2	0,216	0,091	0,023
C3	0,131	0,636	0,163
SOMA	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autor.

Quadro 17: Exemplo de cálculo da PML - Critérios

Prioridade Média Local (PML)		
Critérios	Valor	%
C1	0,58	58,0
C2	0,11	11,0
C3	0,31	31,0
SOMA	1,000	100

Fonte: Autor.

De posse desses valores, na sexta etapa, calcula-se o valor do autovalor vetor λ por meio da fórmula “=matriz.mul”, que relaciona a linha do critério da matriz normalizada com a coluna dos valores de PML e divide o resultado pelo vetor PML de cada critério. Logo o valor do vetor λ_{max} foi obtido a partir da média entre os valores do vetor λ . No Quadro 18 é apresentado os valores do vetor lambda, obtidos por meio da exemplificação adotada.

Quadro 18: Exemplo de cálculo do vetor λ_{\max} - Critérios

λ	
Critérios	Valor
C1	4,554
C2	3,161
C3	3,962
Média (λ_{\max})	3,892

Fonte: Autor.

Em seguida, na sétima etapa, calcula-se o Índice de Consistência (IC) por meio da Equação 1:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Onde:

- IC: Índice de Consistência;
- λ_{\max} : Maior autovalor da matriz de comparação pareadas; e
- n: Ordem da matriz de comparação pareadas (no caso 3x3).

Para exemplificar o cálculo do IC, substituiu-se os valores adotados anteriormente na expressão e obteve-se o seguinte resultado (Equação 2):

$$IC = \frac{3,102 - 3}{3 - 1} = 0,051 \quad (2)$$

Por fim, na oitava etapa, calcula-se a Razão de Consistência (RC) seguindo a Equação 3.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3)$$

Na expressão acima, IC refere-se ao Índice de Consistência, calculado na etapa anterior, e IR refere-se ao Índice Randômico da matriz. Esse valor, padronizado por Saaty (1990), depende da ordem da matriz (n) e pode ser obtido na Tabela 1, apresentada no capítulo 3.2.1. Para exemplificar o cálculo da RC, substituiu-se os valores na expressão e obteve-se o seguinte resultado (Equação 4):

$$RC = \frac{0,051}{0,58} = 0,08 \quad (4)$$

4.4.1.1 Identificação dos Subcritérios de maior importância

A aplicação do método AHP para a identificação dos subcritérios de maior importância seguiu a mesma sequência apresentada no subitem 3.5.2.1. Assim, os julgadores realizaram comparações paritárias entre os subcritérios pré-definidos para cada critério principal. Em cada comparação, os julgadores selecionaram o subcritério com maior importância e atribuíram a ele um peso em relação ao subcritério não selecionado. Esses pesos foram então transcritos para a matriz de comparação par a par, que posteriormente foi normalizada e utilizada para calcular a normalização dos dados. O Quadro 19, apresenta os exemplos das matrizes de comparação par a par, elaborados de forma semelhante ao aplicado nesta pesquisa.

Quadro 19: Exemplo de Matriz de Opinião - Subcritérios

Subcritérios	S1	S2	S3	S4	S5
S1	1	X	Y	Z	W
S2	1/X	1	1/X'	1/Z'	1/W'
S3	1/Y	X'	1	X''	Y''
S4	1/Z	Z'	1/X''	1	Z
S5	1/W	W'	1/Y''	1/Z	1

Fonte: Autor.

Assim como realizado para o critério principal, após a atribuição dos pesos na matriz de julgamento dos subcritérios, calcula-se a matriz normalizada, a normalização dos dados, a prioridade média local (PML) e o vetor (λ).

Em seguida, calcula-se o IC e a RC para a matriz de subcritérios. Como essa matriz tem dimensões 5x5, utiliza-se o valor 5 no cálculo do IC, ao invés de 3 como no caso da matriz de critérios (3x3).

O cálculo dos subcritérios é realizado para identificar, dentro de cada critério principal, qual fator possui maior importância para o tomador de decisão. Isso se justifica pelo fato de que os critérios principais são abrangentes e necessitam de mais detalhes para serem compreendidos pelos respondentes. Ao destrinchar cada critério em subcritérios mais específicos, os tomadores de decisão obtêm informações mais precisas e detalhadas sobre o assunto principal.

4.4.1.2 Identificação da Alternativa com maior importância

De acordo com Saaty (1990), a fase final da aplicação do método AHP envolve a comparação pareada das alternativas pré-estabelecidas em relação aos subcritérios. A partir da comparação pareada das alternativas em relação aos subcritérios, o método AHP permite identificar a alternativa que apresenta a melhor combinação de benefícios, fornecendo subsídios para a tomada de decisão mais consciente e eficaz.

A seguir, são apresentadas as matrizes de cálculo elaboradas como exemplo para identificar a alternativa com maior importância. Após a coleta de dados através das respostas dos julgadores, os dados são transferidos para a matriz de opinião (Quadro 20).

Em seguida, são obtidas a matriz completa, a matriz de normalização, a prioridade média local, o vetor de prioridades, o índice de consistência e a razão de consistência.

Quadro 20: Matriz de Opinião – Alternativas

Matriz de opinião - Subcritério 1			
Alternativas	A1	A2	A3
A1	1	1/A	1/B
A2	A	1	1/C
A3	B	C	1
Matriz de opinião - Subcritério 2			
Alternativas	A1	A2	A3
A1	1	1/X	1/Y
A2	X	1	1/Z
A3	Y	Z	1
Matriz de opinião - Subcritério 3			
Alternativas	A1	A2	A3
A1	1	1/P	1/Q
A2	P	1	R
A3	Q	1/R	1

Fonte: Autor.

Seguindo as diretrizes do método AHP propostas por Saaty (1990), para identificar a melhor alternativa para a destinação dos RCPF, é necessário realizar o cálculo da Valoração Global (Quadro 21). Nesta etapa, a Valoração Global (VG) de cada alternativa é obtida através da soma ponderada dos valores das PML de cada alternativa, multiplicadas pela PML do critério correspondente. Para calcular a

valoração global da alternativa "Firmar parcerias com empresas recicladoras", realiza-se o seguinte cálculo:

- Valoração Global = (PML da alternativa frente ao critério 1 × PML do subcritério 1) + (PML da alternativa frente ao critério 2 × PML do subcritério 2) + (PML da alternativa frente ao critério 3 × PML do subcritério 3) e assim por diante até totalizar todos os itens.

Quadro 21: Cálculo da Valoração Global

Valoração Global	
Alternativa 1	X%
Alternativa 2	Y%
Alternativa 3	Z%

Fonte: Autor.

Na etapa final do método AHP, a definição da melhor estratégia de destinação dos RCPF é realizada por meio da identificação da alternativa com o maior índice de Valoração Global (Quadro 21). Como resultado da aplicação do método AHP, obtém-se a definição da melhor alternativa, o principal critério que embasou a tomada de decisão e o subcritério de maior importância dentro desse critério.

4.4.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MÉTODO AHP

O Método AHP é uma ferramenta versátil para tomada de decisões em diversos contextos, como seleção de investimentos financeiros até avaliação de estruturas de pavimentos. No entanto, a confiabilidade da decisão final depende de uma análise cuidadosa dos resultados.

Para avaliar a robustez do método, utiliza-se a Análise de Sensibilidade, que verifica a estabilidade da decisão diante de pequenas variações nos pesos dos critérios e em outros parâmetros do modelo. Essa análise é crucial para assegurar que a decisão não seja influenciada por fatores aleatórios ou inconsistências nos dados.

A Análise de Sensibilidade identifica os critérios e comparações que mais impactam a decisão final, fornecendo insights sobre os fatores mais relevantes na escolha da melhor alternativa. Assim, ela também serve como uma ferramenta de validação do modelo AHP, verificando se ele representa adequadamente o problema decisório. Para avaliar o impacto dos critérios na decisão final, foi realizada uma

Análise de Sensibilidade utilizando o *software* Excel. Por meio de uma planilha, foi correlacionado os resultados finais da valoração global com os pesos pré-definidos para cada critério (ambiental, técnico e econômico). Em seguida, foi simulado dois cenários para verificar como as alterações nos pesos afetam a decisão:

Cenário 1: Todos os critérios com o mesmo peso;

Neste cenário, foi atribuído o mesmo peso (33,33%) a cada critério. Ao recalcular a valoração global, foi possível verificar se a classificação das alternativas se mantém ou se altera. Essa análise permite identificar qual critério tem maior impacto na decisão final quando todos possuem a mesma importância.

Cenário 2: Maior peso para a critério com menor preferência;

Neste cenário, foi concedido 50% do peso total ao critério que obteve a menor preferência na valoração global (3º lugar no *ranking*). Os 50% restantes são divididos igualmente entre os dois critérios remanescentes. Ao recalcular a valoração global, será verificado se a alternativa com menor preferência se torna mais vantajosa com o aumento do seu peso. Essa análise ajudará a avaliar a sensibilidade da decisão final à mudança de peso de uma alternativa relativamente menos preferida.

4.4.3 AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO MÉTODO AHP

O Método AHP é considerado uma das ferramentas mais indicadas para analisar decisões complexas com múltiplos critérios, no entanto, é importante ressaltar que uma de suas limitações é o fato de que seus resultados não são passíveis de tratamento estatístico, devido ao fato de que o AHP se baseia em julgamentos subjetivos entre os critérios e alternativas, utilizando como ponderação a escala fundamental proposta por Saaty (1990). Dessa forma, essa natureza subjetiva impede a aplicação de técnicas estatísticas tradicionais, como testes de hipóteses ou medidas de correlação.

Saaty (1990) propôs duas medidas para avaliar a confiabilidade dos resultados do método AHP, a primeira é a identificação do índice RC e a segunda é a Análise de Sensibilidade.

A efetividade da aplicação do método AHP foi avaliada por meio de duas análises complementares:

1. Análise do Índice de Razão de Consistência: O RC mede a coerência interna das respostas dos especialistas. Um RC baixo indica alta coerência e confiabilidade

na escolha da melhor alternativa. Assim, para esta pesquisa foi utilizada a seguinte Interpretação do RC:

- $RC < 0,10$: Alta coerência, decisão confiável;
- $0,10 \leq RC \leq 0,20$: Coerência aceitável, decisão razoável; e
- $RC > 0,20$: Coerência questionável.

2. Análise de Sensibilidade: Para verificar a robustez da escolha final, foi realizada uma análise de sensibilidade nas respostas dos especialistas. Essa análise verificou como pequenas alterações nas respostas (peso semelhantes para os critérios e 50% do peso total para o critério menos preterido) afetaram a classificação das alternativas e demonstraram outros cenários

A verificação da eficácia da aplicação do método AHP foi realizada por meio de uma análise entre a combinação do RC juntamente com a análise de sensibilidade. Dessa forma, os resultados que mostraram baixa razão de consistência, mas mantiveram a robustez da escolha final, demonstraram a confiabilidade do método e a coerência das respostas dos especialistas, confirmando a aplicabilidade do método AHP diante da situação proposta.

Com base nisso, os resultados obtidos por meio da transposição dos dados coletados nos questionários online para as matrizes AHP foram dispostos em tabelas e diagramas individuais para cada respondente. Para uma interpretação global, foi elaborado um resultado geral, contemplando a média geométrica de todos os resultados agrupados.

A solução sugerida por Saaty e Vargas (2013) para sintetizar o julgamento de um conjunto de resultados é a obtenção da média geométrica, desde que os julgamentos individuais não estejam muito dispersos em relação à sua média geométrica. Essa dispersão nos julgamentos individuais de um grupo pode acarretar violações no ótimo de Pareto, conforme demonstrado em estudos sobre os sete pilares do método AHP proposto por Saaty (2004).

Wolff (2008) argumenta que a única média adequada para o método AHP é a média geométrica, pois o recíproco da média geométrica de um conjunto de julgamentos é a média geométrica dos recíprocos. Logo, essa propriedade não se aplica à média aritmética ou a qualquer outra média.

Atualmente, a prática de reciclagem está predominantemente focada nos RCC, conforme apresentado e discutido nos capítulos teóricos desta pesquisa, o que gera um gargalo em relação aos resíduos gerados no segmento de pré-fabricados. Essa situação motiva pesquisas que visam desenvolver práticas e ferramentas para o gerenciamento e oferecer alternativas para a destinação dos RCPF.

É importante destacar que um dos objetivos desta pesquisa é instigar reflexões entre os tomadores de decisão e na indústria de concreto pré-fabricado. Pretende-se evidenciar que discutir a destinação adequada dos RCPF é de extrema importância. No entanto, a abordagem predominante adotada pelas empresas apenas resolve o problema imediato da empresa, sem contribuir para a preservação ambiental. Surge, assim, a oportunidade de promover a destinação dos RCPF por meio de atividades que promovam a reciclagem e reutilização desses materiais, transformando-os em agregados reciclados.

4.4.4 AGREGAÇÃO DOS RESULTADOS NO MÉTODO AIJ

O método AHP é um método de decisão multicritério que permite aos tomadores de decisão considerarem diversos critérios e suas respectivas importâncias ao avaliar diferentes alternativas. No entanto, quando o processo de tomada de decisão envolve a participação de vários especialistas, cada um pode fornecer julgamentos distintos sobre as relações de importância entre os critérios e as alternativas disponíveis. Nesse contexto, a Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ) visa sintetizar esses julgamentos individuais em um único conjunto de pesos consensual que represente, de forma coletiva, a opinião dos especialistas. Isso facilita a comparação e análise das diferentes alternativas, levando a uma decisão mais robusta e embasada. Além disso, ao agrupar os resultados, é possível identificar e corrigir inconsistências nos julgamentos individuais. Isso ocorre porque o método AIJ utiliza uma Média Geométrica Ponderada (MGP) para calcular os pesos agregados, o que torna o processo mais sensível a outliers e inconsistências extremas.

Nesta pesquisa, optou-se por incluir a AIJ no método AHP, demonstrando a viabilidade da aplicação do método para um número significativo de participantes e a obtenção de um único resultado consensual. Desse modo, este estudo pode servir como referência para trabalhos futuros.

Por exemplo, caso a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) busque informações mais aprofundadas sobre as possibilidades de

destinação dos RCPF, a instituição poderá aplicar o método AHP, juntamente com a AIJ, e contar com a colaboração de seus associados na avaliação dos critérios, subcritérios e alternativas. Por meio da agregação de julgamentos pelo método AIJ, a associação poderá obter um único resultado que represente a visão dos seus pares.

Uma outra sugestão de aplicação do método AHP, em conjunto com a agregação de julgamentos, é para empresas em que a tomada de decisão sobre a destinação dos RCPF não se limita a uma única pessoa. Frequentemente, essa decisão envolve uma equipe composta por gerentes de diferentes áreas, que trabalham em conjunto para determinar a melhor forma de destinação. Nesse cenário, o método AHP e a AIJ se configuram como uma alternativa eficaz para a tomada de decisão em grupo, pois permitem a obtenção de um único resultado que representa a opinião de todos os participantes.

Para esta pesquisa, a agregação AIJ foi aplicada diretamente aos julgamentos paritários coletados dos treze especialistas por meio de um questionário online. O método geométrico ponderado foi utilizado para ponderar os pesos atribuídos pelos especialistas, resultando em um valor agregado que representa o agrupamento das treze opiniões.

A seguir, apresenta-se um exemplo de cálculo da agregação de valores utilizando o método geométrico. O Quadro 22 apresenta as matrizes de opiniões de três julgadores, a Equação 1 demonstra o cálculo realizado para agrupar os pesos atribuídos por eles e o Quadro 23 apresenta a matriz de cálculo final, com os julgamentos individuais agregados.

Quadro 22: Exemplo de Matriz de opinião para os critérios – exemplo Agregado

Julgador 1			
Critérios	C1	C2	C3
C1	1	3	1/6
C2	1/3	1	1/7
C3	6	7	1
Julgador 2			
Critérios	C1	C2	C3
C1	1	5	6
C2	1/5	1	5
C3	1/6	1/5	1
Julgador 3			
Critérios	C1	C2	C3
C1	1	6	7
C2	1/6	1	3
C3	1/7	1/3	1

Fonte: Autor.

$$x_{ij} = \left(\prod_{i=1}^n x_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

x_{ij} = é o julgamento do Especialista i para o par de critérios j .

\prod = representa o produto de todos os termos.

n = é o número de especialistas.

Aplicando-se o cálculo acima ao exemplo do Quadro 22 (critério técnico *versus* critério ambiental), obtemos a seguinte expressão:

$$MGP = ((1/3^{(1/3)}) \cdot (1/5^{(1/3)}) \cdot (1/6^{(1/3)})) = 2/9 \text{ ou } \cong 0,223$$

Quadro 23: Exemplo de Matriz de opiniões agregada - Critérios

Julgadores - Agrupados			
Critérios	C1	C2	C3
C1	1		
C2	2/9	1	
C3			1

Fonte: Autor.

Da mesma forma, os cálculos das MGP foram realizados para os julgamentos individuais dos critérios, subcritérios, e por fim, para as alternativas. Com isso, obteve-se um único resultado que expressa a opinião dos três julgadores, permitindo uma análise mais robusta e a definição da alternativa mais adequada frente ao objetivo principal.

4.5 FLUXOGRAMA DE APOIO AO MÉTODO AHP

No âmbito da pesquisa sobre os RCPF, foi elaborado um Fluxograma com diretrizes e práticas recomendadas para a aplicação do Método AHP. Este guia visa auxiliar os tomadores de decisão na estruturação e implementação do método, facilitando a análise multicritério de decisões complexas relacionadas à gestão dos RCPF. Neste Fluxograma foi levado em consideração que o objetivo principal é identificar a melhor alternativa para a destinação dos RCPF. Com isso, foi estruturado diretrizes para o tomador de decisão poder identificar, frente ao ambiente em que está inserido, quais são os critérios que norteiam as decisões.

Para esta pesquisa, os critérios e subcritérios foram definidos por meio de um estudo preliminar, o qual identificou que os impactos ambientais, o modo de processamento e os custos envolvidos na destinação dos RCPF são muito importantes e teriam grande relevância na ponderação dos especialistas. Com isso, no Fluxograma foi indicado algumas estratégias para identificar os critérios e subcritérios que possuem maior relevância frente a situação proposta.

O Fluxograma proposto também recomendará estratégias para identificar as alternativas de destinação para os RCPF, reconhecendo que, embora a maioria dos RCPF seja atualmente direcionado para aterros de resíduos inertes legalizados, existem outras opções promissoras, mesmo que ainda não estejam amplamente implementadas no Brasil.

A principal vantagem do Fluxograma está na sua flexibilidade, permitindo que seja adaptado às necessidades específicas de cada caso. Isso garantirá aos tomadores de decisão uma visão abrangente de todo o processo de gestão dos RCPF, promovendo a padronização e a colaboração entre as equipes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos na pesquisa conduzida, começando pelos resultados primários obtidos no estudo de caso piloto realizado durante a estruturação da pesquisa. Em seguida, são apresentados e discutidos os resultados da revisão sistemática de literatura, realizada na fase de planejamento.

Para os resultados secundários, que se referem aos julgamentos dos especialistas, apresentam-se as percepções obtidas na coleta de dados realizada por meio do questionário on-line respondido por treze especialistas. Inicialmente, são delineados os resultados para os critérios principais identificados, seguidos pela análise dos subcritérios que complementam a compreensão do assunto.

Em seguida, apresentam-se os resultados do conjunto de alternativas ponderadas pelos especialistas e sua relevância no contexto da pesquisa. Posteriormente, apresenta-se a análise de sensibilidade aplicada aos dados coletados, permitindo uma compreensão mais profunda da robustez das conclusões. Prosseguindo, apresenta-se a agregação de valores, das respostas dos especialistas para cada critério, subcritério e alternativa, a fim de obter uma visão geral dos resultados da pesquisa. Por fim, apresenta-se um panorama geral dos resultados, destacando *insights* importantes e delineando possíveis direções para futuras pesquisas e ações práticas.

Este capítulo visa fornecer uma visão abrangente e detalhada dos resultados obtidos, amparando a discussão realizada, e trazendo as principais pesquisas disponíveis na literatura correlata para uma melhor contextualização. As respostas completas estão disponíveis no Apêndice D.

5.1 Estudo de Caso Piloto

O método de pesquisa selecionado para esta etapa da pesquisa foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2001), a aplicação dos estudos de caso surge por meio do desejo de se compreender fenômenos sociais complexos, ou seja, por meio do estudo de caso é possível realizar uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real.

Nesta pesquisa, o estudo de caso foi definido por meio da análise e verificação das formas de destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF) provenientes de uma empresa do segmento (Sarti Junior, Bazílio e Serra, 2021). Cada situação existente na empresa foi analisada individualmente e comparativamente, utilizando uma abordagem qualitativa.

A empresa participante do estudo piloto tem sede no estado de São Paulo, atua no mercado de pré-fabricados há mais de 40 anos e, nos últimos sete anos, dedica-se exclusivamente à produção de lajes e painéis alveolares em parceria com outra empresa do ramo. Durante o estudo, foi observado que os resíduos oriundos da produção de lajes podem ser caracterizados como RCPF. No entanto, a empresa não possuía nenhum procedimento formal para identificar e destinar esses resíduos. Diante disso, ficou evidente a necessidade de implementar um método de tomada de decisão para apoiar os gestores da fábrica em específico.

Apresenta-se na Figura 16 um fluxograma com o processo de fabricação que a fábrica realiza para produção das lajes alveolares.



Fonte: Sarti Junior, Bazílio e Serra (2021).

Neste estudo, as etapas de fabricação, manuseio, armazenamento e transporte foram observadas e, com o apoio do engenheiro civil responsável pelo controle de qualidade da fábrica, foram coletados dados para identificar a quantidade de resíduos gerados durante a produção de lajes alveolares e a destinação que a fábrica dava a esses resíduos. Ao longo do estudo, verificou-se que o volume de concreto produzido e utilizado no mês varia em função da quantidade de lajes que serão produzidas.

Constatou-se que no mês de março de 2021 foi consumido um volume de 2.714,05 m³ de concreto. Logo, foi realizado um levantamento dos volumes de resíduos de concreto obtidos ao longo do mês de março de 2021. Neste levantamento, foram considerados o estado físico do concreto (fresco ou endurecido), a etapa do processo que gerou a perda e o motivo pelo qual este material se tornou um resíduo.

Durante o levantamento, foi observado que o volume de resíduo de concreto produzido no mês de março de 2021 foi de 29,64 m³ e que o processo com maior potencial de geração de resíduos foi o descarte das pontas das lajes (corte das cabeceiras). Esta etapa correspondeu a 70,14% das perdas inerentes sendo gerada pelo descarte das cabeceiras. O percentual de perdas neste período correspondeu a cerca de 1% do volume de concreto total.

Ainda, foi observado que os resíduos gerados dentro da fábrica eram depositados em um local a céu aberto (Figura 17) e o descarte final era realizado por uma empresa terceirizada que coletava o resíduo e o destinava para um local legalizado. Para tal, a empresa terceirizada possuía o Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI).

Figura 17: Depósito dos resíduos oriundos do processo de fabricação das lajes



Fonte: Sarti Junior, Bazílio e Serra (2021).

Em resumo, ao longo do estudo de caso, os autores observaram que os resíduos oriundos da produção de lajes podem ser caracterizados como RCPF. A falta de um procedimento formal na empresa para identificar e destinar esses resíduos evidenciou a necessidade de implementar um método de tomada de decisão específico para auxiliar os gestores da fábrica. Essa constatação destacou a oportunidade de aprofundar os estudos sobre a destinação dos RCPF.

5.2 Revisão Sistemática de Literatura

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) emerge como uma ferramenta metodológica crucial para mapear, avaliar e sintetizar as evidências de gestão adequada dos RCPF disponíveis de forma sistemática e rigorosa.

Seguindo o objetivo principal deste trabalho, que é a aplicação do método de tomada de decisão AHP para a destinação dos RCPF, foi realizada uma revisão sistemática de literatura e publicada em Sarti Junior, Serra e Biotto (2024). Essa revisão explorou a temática dos RCPF, abrangendo desde a sua geração e caracterização até as estratégias utilizadas para o gerenciamento desses resíduos. O Quadro 24 apresenta o planejamento aplicado na pesquisa realizada.

Quadro 24: Definições para o planejamento da RSL

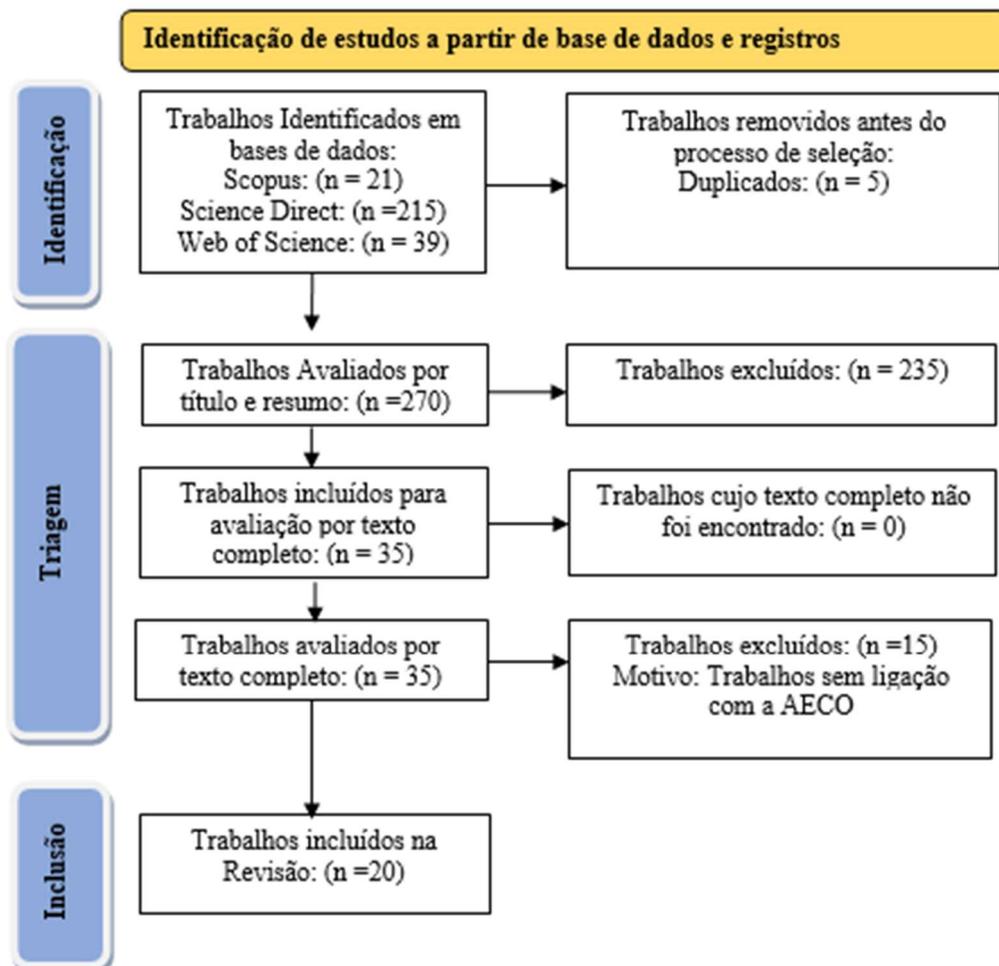
Item	Conteúdo
Objetivo	O objetivo deste trabalho é verificar os métodos de tomada de decisão disponíveis e que estão sendo aplicados para destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado.
Resultados	Obter quais são as áreas de estudo existentes (pesquisas publicadas) e quais ainda não foram estudadas (lacunas) sobre destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado.
Strings	<i>“precast concrete” AND sustaina* AND waste</i>
Idioma	Inglês
Base de dados	Scopus, Science Direct e Web of Science
Critérios de Inclusão	Trabalhos que possuem a temática voltada para métodos de tomada de decisão para destinação dos resíduos da construção civil; Trabalhos sobre resíduos de concreto pré-fabricado; Trabalhos que abordam a utilização de concreto reciclado; Trabalhos que abordam o gerenciamento dos resíduos de concreto; Trabalhos sobre resíduos da construção civil com foco na sustentabilidade; Trabalhos que possuem os termos de busca ao menos no título, resumo ou palavras-chave; e Trabalhos <i>Open Access</i> .
Critérios de Exclusão	Trabalhos duplicados; Trabalhos classificados como <i>close access</i> ; Trabalhos não direcionados para AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) e Trabalhos que não possuem integração com resíduos de concreto pré-fabricado.
Questões de Pesquisa	Quais os fatores estão sendo levados em conta na análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica durante o processo de tomada de decisão para destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado?

Fonte: Sarti Junior, Serra e Biotto (2024).

O planejamento da RSL contemplou a elaboração do Protocolo de Revisão, que definiu os termos de pesquisa, *strings* de pesquisa, bases de dados onde as buscas foram realizadas e os filtros aplicados

Portanto, o termo de pesquisa foi definido com base no assunto principal do estudo, selecionando palavras que se encaixassem na temática e proporcionassem resultados confiáveis. As palavras-chave escolhidas foram: concreto pré-fabricado (*precast concrete*), sustentabilidade (*sustaina**) e resíduos (*waste*). É importante destacar que todas as palavras-chave foram aplicadas nas buscas por trabalhos na língua inglesa. Na Figura 18 é apresentado de forma simplificada o fluxograma dos Itens Preferidos para Relatórios de Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), na língua inglesa) elaborado para a RSL.

Figura 18: Fluxograma PRISMA adaptado para a RSL



Fonte: Sarti Junior, Serra e Biotto (2024).

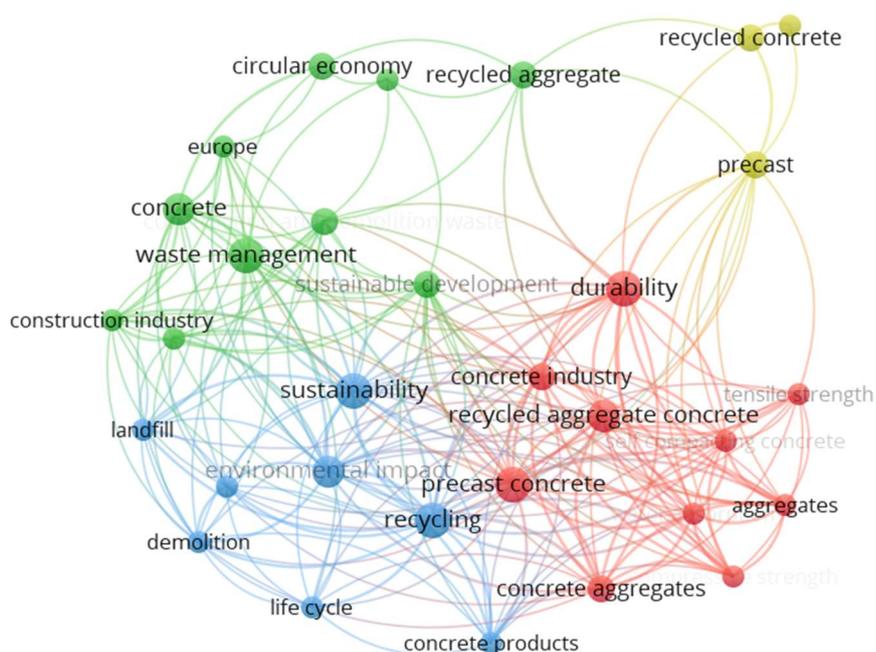
As bases de dados selecionadas para as buscas foram a *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. Essas bases foram escolhidas por possuírem ampla cobertura no âmbito de pesquisas em engenharias e construção civil e permitirem a exportação dos artigos nos formatos RIS, BIBTEX e CVS. O acesso a essas bases de dados foi realizado por meio do Portal de Periódicos da CAPES/MEC e para a organização dos dados extraídos e análise dos resultados obtidos, utilizou-se o *software* StArt da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

A realização de uma RSL exige um rigor metodológico para assegurar a transparência e a reprodutibilidade do processo. Nesse sentido, o fluxograma PRISMA foi adaptado para se alinhar às atividades inerentes à pesquisa proposta, servindo como guia para a elaboração.

Após a obtenção dos dados de 20 estudos aceitos, realizou-se um mapeamento bibliométrico utilizando o *software* VOSviewer. Esse software gerou mapas de coocorrência de palavras-chave, permitindo a visualização do panorama científico e a identificação das áreas-chave de pesquisa dentro do campo de conhecimento em questão. Nesse processo, os estudos foram agrupados em clusters com base em um conjunto de palavras associadas ao mesmo tema.

Apresenta-se na Figura 19 a rede bibliométrica elaborada por meio da coocorrência de palavras-chave presentes nos estudos selecionados.

Figura 19: Rede Bibliométrica de coocorrência de palavras-chave



Fonte: Sarti Junior, Serra e Biotto (2024).

Analisando o mapa de coocorrência de palavras-chave, foram identificados quatro grupos distintos, denominados clusters e representados pelas cores vermelho, amarelo, azul e verde. Estes agrupamentos foram formados com base na similaridade entre as palavras-chave e sua relevância para o tema em questão.

O cluster vermelho, o maior com dez termos, apresentou os termos "Concreto Pré-moldado", "Concreto com Agregado Reciclado" e "Durabilidade" abrangendo pesquisas sobre concreto reciclado, desde análises de durabilidade (Fiol *et al.*, 2020) e comportamento mecânico (Santos *et al.*, 2019; Thomas *et al.*, 2020; Fiol *et al.*, 2021) até a identificação de propriedades físicas (Salesa *et al.*, 2017) e estudos sobre a incorporação de fibras sintéticas na mistura (Ahmed *et al.*, 2021).

Já o cluster azul, formado por termos relacionados à sustentabilidade, contemplou estudos que abordaram a reciclagem e os impactos ambientais (Yasuhiro, 2007; Salama, 2017), a produção de produtos com baixa pegada de carbono (Xuan *et al.*, 2018), e as estratégias que buscam apoiar tais procedimentos por meio de estudos sobre métodos de tomada de decisão de multicritério (Boix-Cots *et al.*, 2022) e da avaliação do ciclo de vida (Haider *et al.*, 2022).

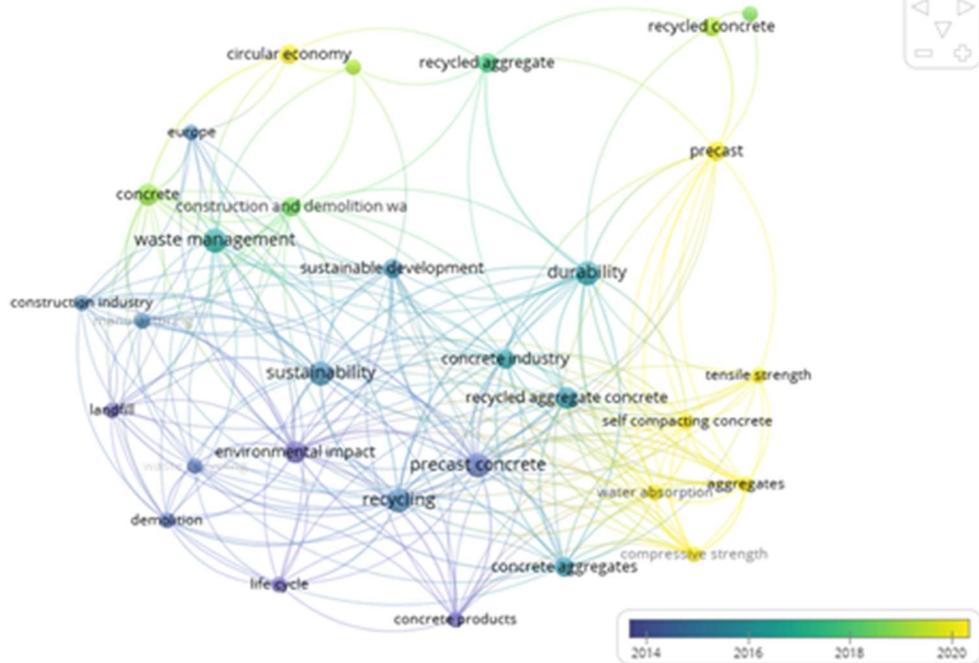
O cluster verde, por sua vez, apresentou os principais termos relacionados ao gerenciamento de resíduos em geral e dos resíduos de concreto, em específico. Abrangeu pesquisas que identificaram os desafios para a gestão na construção civil (Behera *et al.*, 2014), como o uso da construção pré-fabricada e da economia circular (temas emergentes altamente relacionados ao gerenciamento dos RCC) (Jin *et al.*, 2019), a aplicação de agregados reciclados (AR) (Chen *et al.*, 2019) e práticas que promovem a sustentabilidade na construção civil (Elhag *et al.*, 2008).

Por fim, o cluster amarelo, o menor dos grupos, concentrou-se em estudos que abordaram a reciclagem como uma prática para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e o impacto ambiental do concreto. Incluiu pesquisas sobre a reutilização de peças de concreto pré-fabricado em novas construções (Küpfer *et al.*, 2023), design sustentável (Vangeem, 2006), adoção da construção pré-fabricada em larga escala (LI *et al.*, 2014) e os impactos ambientais da fabricação e do transporte do concreto pré-fabricado (Weisheng; Hongping, 2013).

Em seguida, foi elaborado também no VOSviewer um mapa com a representação gráfica da distribuição temporal das palavras-chave, indicando a média

anual de publicação das expressões mais frequentes nos trabalhos aceitos. A Figura 20 apresenta o mapa de análise temporal obtido para a RSL.

Figura 20: Mapa temporal de coocorrência de palavras-chave



Fonte: Sarti Junior, Serra e Biotto (2024).

Analisando-se o mapa apresentado na Figura 20, identificou-se que os termos principais, com maior número de conexões, estão concentrados em trabalhos publicados a partir de 2014.

Estes termos, em sua maioria, compuseram os clusters 1 e 2, que abordaram, respectivamente, os temas de análises físicas e comportamento mecânico, e de sustentabilidade e impactos ambientais. Observou-se, ainda, que os estudos mais recentes se agruparam nos clusters 3 e 4. Essa distribuição sinalizou o surgimento e a crescente importância de novas pesquisas sobre métodos de gerenciamento e reutilização dos RCPF. Diante dessa constatação, ficou evidente a relevância e a oportunidade do presente estudo no contexto técnico e científico.

Com o objetivo de representar de forma concisa as palavras-chave e os termos mais relevantes presentes nos trabalhos selecionados, os autores elaboraram uma nuvem de palavras (Figura 21) utilizando o *software Word Cloud*.

compreensão sobre a viabilidade da utilização dos RCPF na construção civil, abrindo caminho para novas pesquisas e inovações no âmbito da pré-fabricação de concreto.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES

A análise dos perfis dos especialistas é fundamental para avaliar a qualidade e a confiabilidade dos resultados da pesquisa, pois demonstra a expertise e a experiência dos profissionais envolvidos, além de identificar se o perfil do Especialista possui aderência ao tema pesquisa.

No Quadro 25, é apresentada uma síntese dos dados que caracterizam os perfis dos treze especialistas.

Quadro 25: Perfil dos especialistas

Especialistas	Formação	Cargo atual	Experiência na área	Região de atuação (Estado)
E1	Engenheiro civil	Gerente de contratos	20 anos	SP
E2	Engenheiro civil	Coordenador de obras	15 anos	SP
E3	Engenheiro civil	Engenheira civil	2 anos	SP
E4	Engenheiro civil	Engenheiro civil	2 anos	SP
E5	Engenheiro civil	Tecnologista em concreto	3 anos	SP
E6	Engenheiro civil	Gerente de produção	8 anos	SP
E7	Engenheiro civil	Gerente de produção	14 anos	SP
E8	Engenheiro civil	Engenheiro civil	5 anos	SP
E9	Engenheiro civil	Engenheiro civil	5 anos	SP
E10	Engenheiro de produção	Engenheiro de produção	15 anos	SP
E11	Engenheiro civil	Engenheiro civil	3 anos	SP
E12	Engenheiro civil	Diretor técnico	24 anos	SP
E13	Engenheiro civil	Gerente de contratos	20 anos	SP

Fonte: Autor.

Com base no perfil dos treze especialistas, é possível observar que a maioria deles (cerca de 92,3%) possui formação em Engenharia Civil. Apenas um, o E10, possui formação em Engenharia de Produção (7,7%).

Analisando os cargos dos especialistas, observa-se uma diversidade de posições entre os participantes, variando entre posições técnicas, gerenciais e de diretoria. A maioria atua como engenheiro (a) civil (cinco especialistas: E3, E4, E8, E9 e E11), seguido por gerente de contratos (E1 e E13), gerente de produção (E6 e E7), engenheiro de produção (E10), coordenador de obras (E2), tecnologista em concreto (E5) e diretor técnico (E12).

A experiência na área varia significativamente, de 2 a 24 anos. A experiência mínima foi observada para os especialistas E3 e E4, que atuam como engenheiros civis, enquanto a experiência máxima foi observada para o Especialista E12, com 24 anos, que ocupa o cargo de diretor técnico.

Com isso, pode-se observar que, em um nível hierárquico dos cargos contemplados no Quadro 25, os cargos com maiores responsabilidades (coordenador, gerente e diretor) são ocupados pelos especialistas que possuem mais tempo de experiência na área.

Observa-se que as empresas onde os treze especialistas atuam estão concentradas no estado de São Paulo. Um levantamento realizado no site da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) revelou que das 58 empresas fabricantes de elementos pré-fabricados de concreto associadas à ABCIC, 26 estão instaladas no estado de São Paulo (ABCIC, 2024). Esta região oferece um mercado amplo, com uma base industrial forte, ambiente favorável aos negócios, alta competitividade e constante inovação, tornando-a um polo estratégico para a indústria de pré-fabricados no Brasil. Assim, para uma análise resumida, apresenta-se a seguir na Figura 22 um panorama geral dos perfis dos treze especialistas que participaram desta pesquisa.

Figura 22: Panorama resumido dos perfis dos treze especialistas



Fonte: Autor.

Analisando os resultados da Figura 22, observa-se uma boa diversidade de cargos, indicando um grupo com funções bem distribuídas entre tarefas técnicas, de gestão e de direção. A variação na experiência dos especialistas sugere uma combinação de profissionais mais novos, que podem trazer novas ideias e tecnologias, com profissionais mais experientes, que podem oferecer sabedoria e estabilidade.

A predominância de especialistas com formação em Engenharia Civil é justificada, pois esta pesquisa foi direcionada aos profissionais que atuam no processo de produção de elementos de concreto pré-fabricados e no gerenciamento de projetos e obras do segmento. Com isso, era esperado que a maioria fosse formada em Engenharia Civil, uma vez que essa profissão está intrinsecamente relacionada com o setor. No entanto, a participação de um engenheiro de produção (E10) nesta pesquisa demonstra que outras profissões, além de engenheiros civis, atuam no segmento e podem contribuir para a tomada de decisões sobre a destinação dos RCPF.

Considerando os perfis dos especialistas, é possível identificar que esta pesquisa contou com a colaboração de um grupo diversificado em termos de formação, cargos e experiências. Os perfis dos especialistas demonstram alinhamento com o tema da pesquisa, o que contribuiu para a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

A variação no tempo de experiência dos especialistas foi um ponto positivo, pois permitiu a combinação de inovação e expertise. A diversidade de cargos e a participação de um Especialista em engenharia de produção (E10) demonstram que diferentes perspectivas foram consideradas na análise individual das alternativas e que a combinação das opiniões dos especialistas, aliada à aplicação do método AHP, resultará em uma decisão eficaz e assertiva para a seleção da melhor alternativa de destinação dos RCPF.

5.4 CRITÉRIOS

Esta pesquisa tem como objetivo propor a aplicação do método AHP para apoiar a tomada de decisão no âmbito da escolha da melhor opção para a destinação ou reutilização dos resíduos do concreto pré-fabricado. Como mencionado anteriormente, foram definidos três critérios principais:

- **Ambiental:** Este critério abrange os aspectos relacionados aos impactos ambientais que as atividades de produção, descarte ou reutilização dos RCPF promovem. Além de considerar os impactos ambientais negativos, este critério também leva em conta o potencial dos RCPF para contribuir para a sustentabilidade.

- **Técnico:** Consideram-se como aspectos técnicos as atividades inerentes aos processos de identificação, armazenamento, transporte e processamento dos RCPF para transformá-lo em agregado reciclado. Tanto o descarte quanto a reutilização dos RCPF envolvem o estudo da viabilidade técnica das diferentes opções, pois cada tipo de atividade possui suas particularidades e complexidades nos processos envolvidos.

- **Econômico:** Analisa os aspectos econômicos do descarte ou reutilização dos RCPF, incluindo os custos de transporte, mão de obra, bem como os benefícios financeiros, como as receitas que o processamento dos RCPF pode gerar.

A seguir, na Tabela 3, são apresentados o resumo dos resultados obtidos em forma de *ranking* de preferência, mostrando, na opinião dos especialistas, quais são os principais critérios e os valores obtidos de Prioridade Média Local (PML) para cada critério. Os dados da Tabela 3 correspondem às respostas das perguntas 18 a 23 do questionário aplicado.

Tabela 3: Ranking dos Critérios

Especialistas	Critério Principal	Prioridade Média Local (PML) (%)
E1	1º Técnico	70,10
	2º Ambiental	23,40
	3º Econômico	6,50
E2	1º Ambiental	72,70
	2º Técnico	22,10
	3º Econômico	5,20
E3	1º Ambiental	71,60
	2º Econômico	22,40
	3º Técnico	6,00
E4	1º Ambiental	72,30
	2º Técnico	20,60
	3º Econômico	7,10
E5	1º Técnico	81,80
	2º Ambiental	9,10
	3º Econômico	9,10
E6	1º Econômico	65,80
	2º Técnico	25,30
	3º Ambiental	8,90
E7	1º Ambiental	70,00
	2º Econômico	23,20
	3º Técnico	6,80
E8	1º Ambiental	66,80
	2º Econômico	25,70
	3º Técnico	7,50

Especialistas	Critério Principal	Prioridade Média Local (PML) (%)
E9	1º Ambiental	73,90
	2º Econômico	17,90
	3º Técnico	8,20
E10	1º Econômico	68,40
	2º Técnico	24,40
	3º Ambiental	7,20
E11	1º Ambiental	66,80
	2º Técnico	25,70
	3º Econômico	7,50
E12	1º Técnico	68,30
	2º Ambiental	24,20
	3º Econômico	7,50
E13	1º Ambiental	72,70
	2º Econômico	22,10
	3º Técnico	5,20

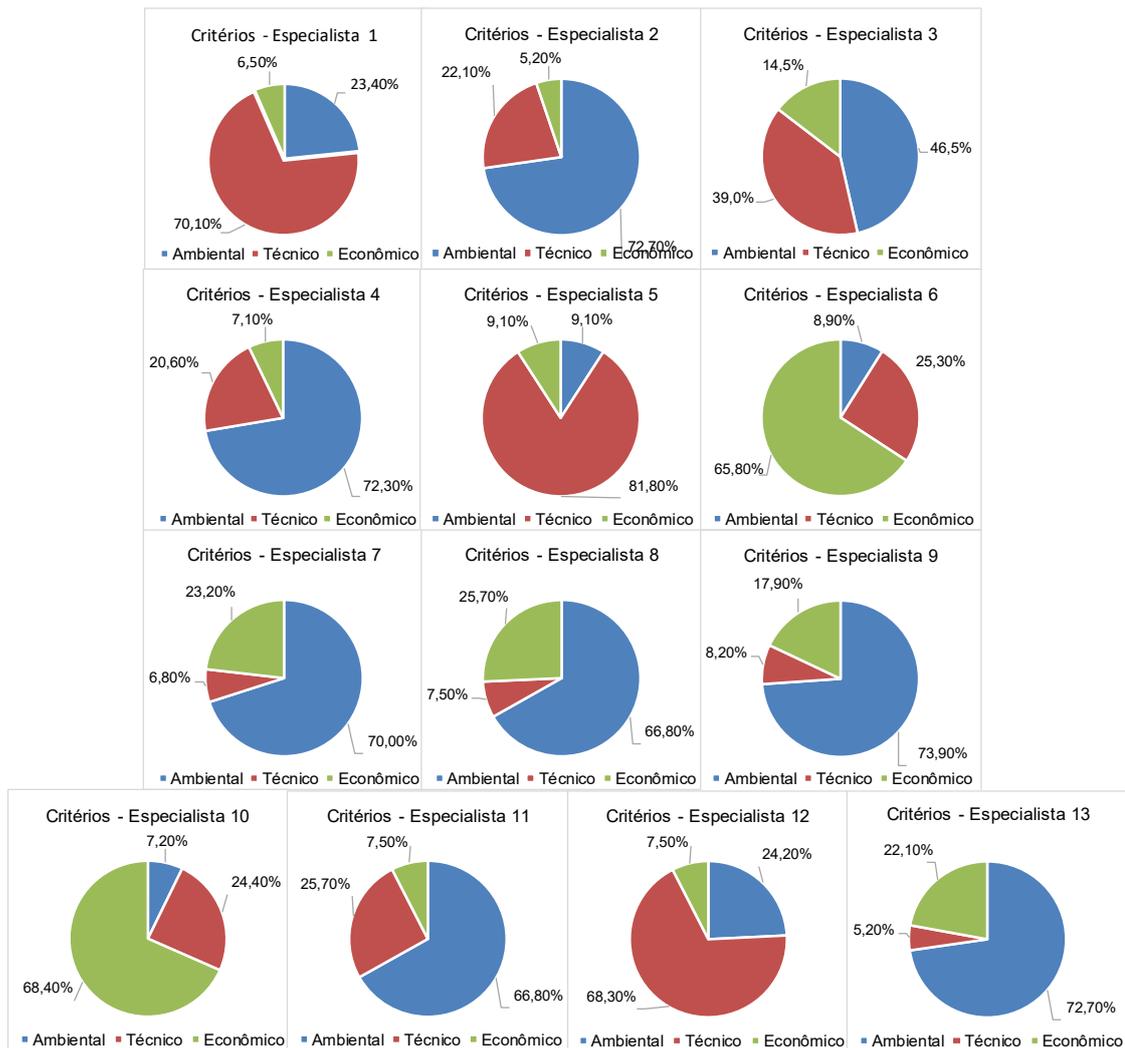
Fonte: Autor.

Ao analisar os resultados da Tabela 3, podem ser observadas grandes variações nas prioridades atribuídas pelos especialistas aos critérios Ambiental, Técnico e Econômico. O critério Ambiental se destacou como uma das principais preocupações, sendo considerado mais importante por oito especialistas, com uma prioridade média local alta em diversas respostas, todas acima de 60%. Isso evidenciou a forte ênfase na consideração dos impactos ambientais associados às atividades de produção, descarte ou reutilização dos RCPF.

A alta prioridade atribuída ao critério Ambiental sinalizou o compromisso dos especialistas com a minimização dos impactos negativos dos RCPF no meio ambiente, incluindo a redução da geração de resíduos, a prevenção da poluição do solo e da água, e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Demonstrou também a consciência dos especialistas da necessidade de promover práticas sustentáveis na gestão dos RCPF, alinhando-se aos princípios do desenvolvimento sustentável, que buscam conciliar o progresso social e econômico com a proteção ambiental.

Na Figura 23, apresentam-se os diagramas que resumem a preferência dos critérios, classificados com base no valor da PML, obtida a partir das opiniões dos treze especialistas. Os dados da Figura 23 correspondem às respostas das perguntas 18 a 23 do questionário aplicado.

Figura 23: Classificação dos critérios



Fonte: Autor.

Estes resultados corroboram com as pesquisas atuais, pois, conforme Gomes *et al.* (2021), o setor da construção civil tem desempenhado um papel importante na mitigação dos impactos ambientais por meio da adoção de práticas sustentáveis, desde a escolha de materiais ecológicos até a implementação de técnicas de construção inovadoras e eficientes em termos energéticos.

O critério Técnico foi considerado importante por três especialistas, os quais reconheceram a relevância da viabilidade técnica das diferentes opções de descarte ou reutilização dos RCPF. A prioridade do critério Técnico variou entre os especialistas (81,80%, 70,10%, e 68,30%) o que pode refletir a complexidade das questões técnicas envolvidas no manejo dos RCPF.

Diversas variáveis podem influenciar essa variabilidade, como a experiência dos especialistas, o conhecimento das tecnologias disponíveis e as características específicas dos RCPF em questão. Entretanto, estas prioridades foram altas quando comparadas aos demais critérios, ambientais e econômicos. Entendeu-se assim que, no contexto geral desta pesquisa, estes especialistas consideraram os aspectos técnicos como norteadores nos processos de tomada de decisão.

Na pesquisa conduzida por Melo, Ferreira e Costa (2013), os autores identificaram os fatores críticos inerentes à produção de agregados reciclados a partir dos RCC. Segundo os autores, os aspectos técnicos envolvidos no processamento dos RCC apresentam grande complexidade e são definidos como fatores críticos. As atividades que compõem o processo de transformação dos RCC em agregados reciclados exigem equipamentos específicos, mão de obra qualificada e matéria-prima em abundância, como destacaram os pesquisadores.

Conforme Pupin e Milani (2022), o estudo de viabilidade técnica é um dos primeiros passos essenciais a serem considerados ao se planejar o processamento de resíduos. Essa etapa visa identificar todas as características físicas do material, como granulometria, composição química e presença de contaminantes, além de avaliar o volume de processamento e o espaço disponível para a instalação dos equipamentos. Com base nessas informações, é possível dimensionar os equipamentos adequados e estimar a taxa de produção, garantindo a eficiência e a viabilidade econômica do empreendimento (Corrêa; Cursino; Silva, 2019).

A diversidade de opiniões sobre o critério Técnico reforçou a necessidade de uma análise abrangente e multidisciplinar na avaliação das diferentes opções. Para Paschoalin Filho, Frasson e Conti (2019) essa análise deve considerar diversos fatores técnicos, como a qualidade do agregado reciclado, a segurança dos processos, a conformidade com as normas técnicas e a viabilidade operacional das soluções.

O critério Econômico geralmente recebeu uma prioridade menor, indicando que, embora os aspectos financeiros sejam considerados pelos especialistas, eles podem não ser tão preponderantes quanto os aspectos ambientais e técnicos na tomada de decisão. A prioridade relativamente menor do critério Econômico não significou que os custos sejam irrelevantes. No entanto, sugere que os especialistas

priorizaram a sustentabilidade e a viabilidade técnica dos RCPF, mesmo que isso implique custos mais altos.

Portanto, a análise dos custos deve considerar não apenas os custos imediatos, mas também os custos de longo prazo associados aos impactos ambientais e à viabilidade técnica das diferentes opções (Gonçalves *et al.*, 2023).

Além disso, o setor da construção civil tem se mostrado bastante receptivo a produtos e serviços que contribuem para a sustentabilidade, mesmo que seu valor seja maior comparado aos produtos tradicionais (Lowen; Nagalli, 2020). Isso leva em conta a consideração de que uma solução que pode parecer mais econômica a curto prazo pode se tornar mais onerosa a longo prazo devido aos problemas ambientais ou técnicos (Moresco, 2017; Nicolau, 2018).

Fazendo-se uma análise geral do *ranking* de critérios AHP apresentado na Tabela 4, observou-se que esta fornece informações relevantes para a gestão dos RCPF na Engenharia Civil. A forte ênfase nos critérios Ambiental e Técnico demonstrou a importância de priorizar a proteção ambiental e a viabilidade técnica das soluções de descarte ou reutilização dos RCPF. Ao mesmo tempo, o critério Econômico deve ser considerado, buscando soluções que sejam sustentáveis tanto do ponto de vista ambiental quanto financeiro.

5.4.1 CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DOS CRITÉRIOS

Como forma de identificar a consistência das respostas obtidas para os critérios, por meio das opiniões dos especialistas, foram calculadas as matrizes de comparação, onde foi possível identificar os valores do autovalor (λ_{max}), o Índice de Consistência (IC) e o valor da Razão de Consistência (RC).

Conforme sugerido por Saaty (1990), o valor do RC irá demonstrar a coerência das comparações feitas pelos especialistas ao determinar as prioridades para os critérios.

Na Tabela 4, são apresentados os valores obtidos para o vetor lambda, IC e RC dos treze especialistas, por meio das matrizes de cálculo. Os dados da Tabela 4 correspondem às respostas das perguntas 18 a 23 do questionário aplicado.

Tabela 4: Análise da consistência das respostas dos Critérios

Especialistas	Índices para os critérios ambiental, técnico e econômico		
	λ_{max}	IC	RC (%)
E1	3,47	0,23	40,60
E2	3,62	0,31	54,10
E3	3,40	0,20	34,90
E4	3,31	0,15	27,00
E5	3,00	0,00	0,00
E6	3,30	0,15	26,50
E7	3,32	0,16	27,80
E8	3,30	0,15	26,60
E9	3,10	0,05	8,80
E10	3,55	0,27	47,80
E11	3,30	0,15	26,60
E12	3,39	0,19	33,60
E13	3,61	0,30	54,10

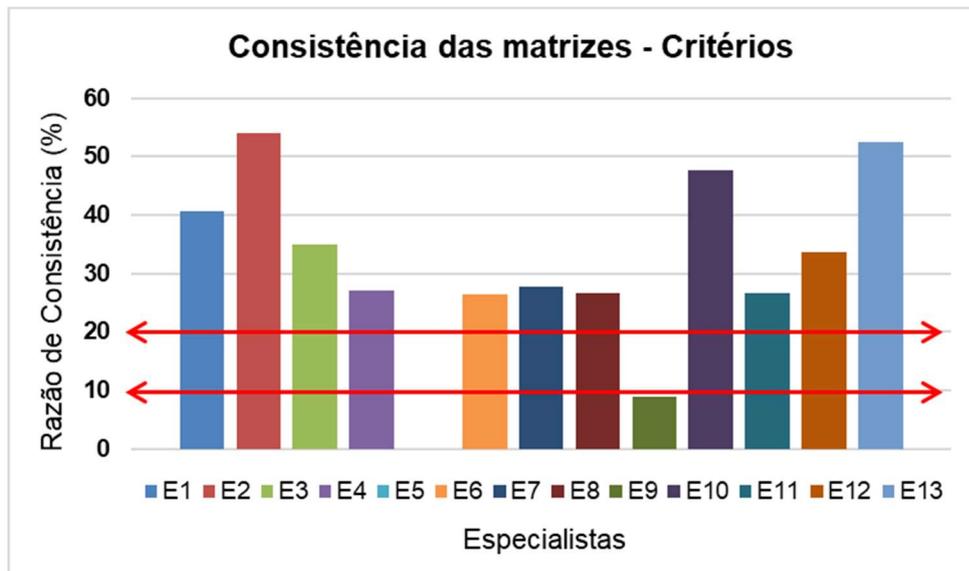
Fonte: Autor.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 4, foi possível realizar uma análise da consistência das respostas dos especialistas em relação aos critérios de avaliação dos RCPF. A análise da Tabela 4 revelou percepções sobre a incoerência nas comparações feitas pelos especialistas, o que pode implicar na confiabilidade dos resultados finais. Observou-se que a razão de consistência obtida para doze dos treze especialistas (destacados em vermelho) demonstrou uma inconsistência significativa nas comparações par a par.

Além disso, para o Especialista 5 (E5), observa-se que os julgamentos realizados implicaram em resultados com consistências fortemente coerentes. Conforme pode ser observado na Tabela 4, o valor obtido para a razão de consistência foi de zero. Isso indica que o Especialista E5 possui propriedade no assunto e tomou as decisões de forma coerente com suas preferências.

Na Figura 24, apresenta-se o diagrama que resumem a preferência dos subcritérios, classificados com base no valor da PML, obtida a partir das opiniões dos treze especialistas. Os dados da Figura 24 correspondem às respostas das perguntas 18 a 23 do questionário aplicado.

Figura 24: Resultados da razão de consistência dos critérios



Fonte: Autor.

Conforme sugerido por Saaty (1990), valores de RC acima de 10% devem ser tratados com cautela e, se possível, revisados. Para Alonso e Lamata (2006), o valor tradicional de RC menor ou igual a 0,10, proposto por Saaty (1990), pode ser incompatível com a realidade de cenários que envolvem diversidade de participantes, reconhecendo que a subjetividade e a diversidade podem levar a um grau de inconsistência maior do que o originalmente proposto. Com isso, os autores propõem um valor de RC aceitável de 0,20 para cenários com diversidade de participantes, considerando que isso representa uma matriz com consistência razoável.

Para Grandzol (2005) reconhecendo que os participantes podem fazer julgamentos inadequados, em algumas comparações, a tolerância de inconsistências não é uma limitação imposta para o método AHP, mas um reflexo dos comportamentos dos participantes frente aos julgamentos.

Como esta pesquisa levou em consideração a análise subjetiva dos especialistas frente aos critérios ambiental, técnico e econômico no âmbito dos RCPF, o pesquisador optou por não interferir nos resultados. Ou seja, o questionário não foi reaplicado e os valores de RC obtidos foram mantidos, mesmo que com algumas inconsistências nas respostas estejam sendo consideradas para a aplicação do método.

5.5 SUBCRITÉRIOS

Nesta pesquisa foram adotados subcritérios com o intuito de fracionar os critérios em componentes menores e mais específicos, podendo analisar e ponderar as alternativas de forma mais refinada, corroborando para uma melhor precisão na avaliação. Deste modo, conforme mencionado anteriormente nesta pesquisa, para cada critério principal foram atribuídos cinco subcritérios, sendo estes:

- Critério Ambiental: reciclagem, certificação, leis e normas, descarte e eficiência ambiental;
- Critério Técnico: identificação, transformação, armazenamento, transporte e aplicação; e
- Critério Econômico: custo para transformação, consumo de matéria prima, custo com mão de obra especializada, custo com descarte e custo com armazenamento.

Apresentam-se a seguir, na Tabela 5 os resultados obtidos para os subcritérios com base na percepção dos especialistas, os quais serão apresentados em forma de *ranking* de preferências os subcritérios ambientais, técnicos e econômicos, bem como o valor da PML. Os dados da Tabela 5 correspondem às respostas das perguntas 24 a 83 do questionário aplicado.

Tabela 5: Ranking de preferências dos subcritérios

Especialistas	Subcritério Ambiental	PML (%)	Subcritério Técnico	PML (%)	Subcritério Econômico	PML (%)
E1	1º Reciclagem	32,70	1º Transformação	43,40	1º Custo para Transformação	46,00
	2º Eficiência ambiental	29,80	2º Aplicação	18,80	2º Consumo da matéria prima	23,90
	3º Leis e Normas	28,60	3º Armazenamento	17,80	3º Custo com o armazenamento	15,60
	4º Descarte	6,70	4º Identificação	16,70	4º Custo com o descarte	10,00
	5º Certificação	2,20	5º Transporte	3,40	5º Mão de obra especializada	4,50
E2	1º Leis e Normas	51,90	1º Transformação	51,90	1º Custo para Transformação	51,90
	2º Eficiência ambiental	24,10	2º Armazenamento	24,11	2º Consumo da matéria prima	24,11
	3º Reciclagem	14,10	3º Identificação	14,06	3º Mão de obra especializada	14,06
	4º Certificação	7,40	4º Aplicação	7,45	4º Custo com o descarte	7,45
	5º Descarte	2,50	5º Transporte	2,49	5º Custo com o armazenamento	2,49
E3	1º Eficiência ambiental	47,84	1º Aplicação	49,50	1º Mão de obra especializada	31,07
	2º Leis e Normas	17,19	2º Armazenamento	24,35	2º Consumo da matéria prima	30,23
	3º Reciclagem	16,28	3º Transformação	15,12	3º Custo para Transformação	30,20
	4º Descarte	15,95	4º Transporte	7,91	4º Custo com o descarte	6,67

Especialistas	Subcritério Ambiental	PML (%)	Subcritério Técnico	PML (%)	Subcritério Econômico	PML (%)
	5º Certificação	2,73	5º Identificação	3,12	5º Custo com o armazenamento	1,83
E4	1º Reciclagem	31,25	1º Identificação	45,70	1º Custo para Transformação	46,00
	2º Eficiência ambiental	29,30	2º Transformação	25,80	2º Custo com o armazenamento	25,00
	3º Leis e Normas	29,15	3º Armazenamento	15,20	3º Custo com o descarte	15,50
	4º Certificação	7,43	4º Transporte	9,00	4º Consumo da matéria prima	9,20
	5º Descarte	2,86	5º Aplicação	4,40	5º Mão de obra especializada	4,40
E5	1º Eficiência ambiental	32,10	1º Transporte	38,10	1º Custo para Transformação	52,60
	2º Certificação	29,50	2º Transformação	31,00	2º Custo com o descarte	24,10
	3º Reciclagem	26,40	3º Aplicação	23,00	3º Mão de obra especializada	16,60
	4º Leis e Normas	9,00	4º Identificação	5,40	4º Consumo da matéria prima	3,50
	5º Descarte	3,00	5º Armazenamento	2,30	5º Custo com o armazenamento	3,30
E6	1º Leis e Normas	45,65	1º Aplicação	30,20	1º Consumo da matéria prima	40,00
	2º Certificação	24,59	2º Identificação	25,60	2º Custo para Transformação	19,30
	3º Eficiência ambiental	14,51	3º Transformação	22,80	3º Custo com o armazenamento	16,60
	4º Reciclagem	10,26	4º Armazenamento	17,70	4º Custo com o descarte	12,90
	5º Descarte	4,99	5º Transporte	3,70	5º Mão de obra especializada	11,20
E7	1º Leis e Normas	31,29	1º Transporte	50,80	1º Custo com o descarte	53,70
	2º Descarte	30,69	2º Armazenamento	24,52	2º Custo para Transformação	24,97
	3º Eficiência ambiental	29,82	3º Identificação	13,53	3º Mão de obra especializada	11,90
	4º Reciclagem	6,43	4º Transformação	8,33	4º Consumo da matéria prima	6,36
	5º Certificação	1,76	5º Aplicação	2,82	5º Custo com o armazenamento	3,07
E8	1º Eficiência ambiental	44,88	1º Aplicação	52,28	1º Custo para Transformação	44,62
	2º Certificação	17,56	2º Transformação	22,05	2º Custo com o armazenamento	17,09
	3º Descarte	17,41	3º Identificação	13,81	3º Mão de obra especializada	17,01
	4º Reciclagem	16,90	4º Armazenamento	7,86	4º Consumo da matéria prima	11,76
	5º Leis e Normas	3,25	5º Transporte	4,00	5º Custo com o descarte	9,52
E9	1º Leis e Normas	50,50	1º Transformação	33,58	1º Custo para Transformação	42,25
	2º Reciclagem	24,56	2º Identificação	22,75	2º Custo com o descarte	26,12
	3º Eficiência ambiental	12,35	3º Armazenamento	16,82	3º Custo com o armazenamento	13,56
	4º Descarte	8,21	4º Aplicação	16,75	4º Mão de obra especializada	12,47
	5º Certificação	4,37	5º Transporte	10,10	5º Consumo da matéria prima	5,60
E10	1º Reciclagem	43,10	1º Transformação	37,66	1º Custo com o descarte	50,16
	2º Leis e Normas	27,37	2º Identificação	27,67	2º Custo para Transformação	20,77
	3º Eficiência ambiental	18,77	3º Armazenamento	18,31	3º Custo com o armazenamento	15,52
	4º Certificação	6,07	4º Aplicação	10,05	4º Mão de obra especializada	9,13

Especialistas	Subcritério Ambiental	PML (%)	Subcritério Técnico	PML (%)	Subcritério Econômico	PML (%)
	5º Descarte	4,68	5º Transporte	6,31	5º Consumo da matéria prima	4,41
E11	1º Reciclagem	47,40	1º Transformação	45,70	1º Custo para Transformação	49,00
	2º Eficiência ambiental	26,71	2º Aplicação	25,9	2º Custo com o descarte	24,98
	3º Leis e Normas	16,06	3º Identificação	16,50	3º Mão de obra especializada	13,29
	4º Descarte	6,42	4º Armazenamento	8,10	4º Consumo da matéria prima	8,92
	5º Certificação	3,42	5º Transporte	3,70	5º Custo com o armazenamento	4,00
E12	1º Reciclagem	54,45	1º Aplicação	50,03	1º Custo para Transformação	49,00
	2º Leis e Normas	21,14	2º Transformação	24,77	2º Consumo da matéria prima	25,00
	3º Descarte	13,43	3º Identificação	13,60	3º Custo com o descarte	13,30
	4º Certificação	7,88	4º Armazenamento	8,35	4º Custo com o armazenamento	8,90
	5º Eficiência ambiental	3,11	5º Transporte	3,26	5º Mão de obra especializada	3,80
E13	1º Reciclagem	52,13	1º Identificação	51,41	1º Custo para Transformação	49,70
	2º Leis e Normas	24,34	2º Transporte	24,83	2º Mão de obra especializada	24,90
	3º Descarte	13,56	3º Aplicação	13,79	3º Custo com o descarte	14,78
	4º Eficiência ambiental	7,49	4º Transformação	7,48	4º Custo com o armazenamento	7,91
	5º Certificação	2,49	5º Armazenamento	2,48	5º Consumo da matéria prima	2,71

Fonte: Autor.

5.5.1 SUBCRITÉRIOS AMBIENTAIS

Analisando-se a Tabela 5, foi possível verificar os subcritérios que apresentaram maior preferência por parte dos especialistas foram, em ordem de prioridade, reciclagem, leis e normas, eficiência ambiental, certificação e descarte.

Com base nestes resultados, pode ser afirmado que a maioria dos especialistas considerou o subcritério ambiental "reciclagem" como mais importante. Tal priorização pode ter sido gerada pelos princípios que a atividade de reciclagem propicia. Logo, os especialistas consideraram que a reciclagem de resíduos de concreto é uma das formas de promover a redução do impacto ambiental gerado pela indústria de concreto pré-fabricado. Neste sentido, a reciclagem dos RCPF irá atuar na identificação do resíduo e na destinação para o tratamento adequado, podendo consistir na transformação dos RCPF em agregados reciclados, ou então na reutilização dos elementos para o reforço de encostas, barrancos e base de fundações.

Paulino *et al.* (2023) destacaram a reciclagem dos RCC como uma das principais estratégias para mitigar os impactos ambientais gerados pelo setor. Essa prática inovadora oferece uma solução promissora para reduzir o volume de lixo

enviado para aterros de resíduos inertes, diminuir a demanda por recursos naturais e promover a reutilização de materiais valiosos, contribuindo para a sustentabilidade da indústria da construção civil.

O segundo subcritério mais preferido pelos especialistas foi o de "leis e normas", seguido por "eficiência ambiental", "certificação" e "descarte". Assim, entendeu-se que, na percepção destes profissionais, é importante cumprir os requisitos mínimos que as legislações vigentes exigem. Muitas vezes, as licenças operacionais estão atreladas a pré-requisitos que as leis instituem. Com isso, para estes especialistas, os demais subcritérios também foram considerados importantes; entretanto, deve-se garantir primeiramente o cumprimento das leis e normas para poder ter uma plena operação. Para Miranda *et al.* (2019), as leis e normas garantem a proteção ambiental, a segurança pública e a saúde dos trabalhadores, estabelecendo parâmetros mínimos que devem ser observados por todas as empresas do setor.

Na análise dos subcritérios ambientais, reciclagem e eficiência ambiental se destacaram, ocupando o primeiro e o terceiro lugares, respectivamente. Essa priorização evidencia a preocupação dos especialistas com a redução do impacto ambiental causado pelo setor da construção civil. Para Di Maria, Eyckmans e Van Acker (2018) promover a sustentabilidade no setor da construção civil é crucial para minimizar os impactos ambientais, garantir a preservação dos recursos naturais e fomentar práticas responsáveis que assegurem um futuro sustentável.

Além disso, foi possível observar que o subcritério "descarte" não foi a prioridade principal de nenhum dos treze especialistas. Com base nisso, pode ser concluído que os especialistas consideraram como mais relevante promover a sustentabilidade por meio do reaproveitamento dos RCPF e da obtenção de certificações que demonstrem seu compromisso com práticas sustentáveis e gestão ambiental eficaz, do que simplesmente descartar os RCPF, mesmo que dentro das exigências da lei.

5.5.2 SUBCRITÉRIOS TÉCNICOS

Analisando ainda os resultados apresentados na Tabela 5 (introduzida anteriormente no item 5.5), verifica-se que os subcritérios técnicos com maior preferência entre os especialistas, por ordem de prioridade, são transformação, aplicação, identificação, transporte e armazenamento.

Com base nos resultados, ficou evidente que a grande maioria dos especialistas priorizaram o processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados, pois consideraram este subcritério como o mais importante dentre as opções disponíveis. O processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados é complexo e depende de grandes investimentos financeiros, pois exige equipamentos dedicados e dimensionados para tal função, de capacidade além dos utilizados para os RCC.

Logo, para realizar a transformação dos RCPF em agregados reciclados de forma eficiente, é necessário um estudo detalhado que contemple a média de volume de resíduos produzidos, o dimensionamento adequado de uma planta de recebimento, processamento e armazenamento dos agregados reciclados, além de equipamentos com capacidade e durabilidade adequadas às características dos RCPF. Além disso, a importância dada pelos especialistas ao subcritério transformação se justifica pela necessidade de um planejamento robusto e de investimentos em infraestrutura específica para garantir a viabilidade técnica e econômica da reutilização dos RCPF.

Tais percepções são corroboradas pelos resultados apresentados no trabalho de Pupin e Milani (2022), o qual observaram que o estudo de viabilidade técnica assume grande relevância no planejamento e dimensionamento de uma unidade de processamento de resíduos. Essa etapa fundamental norteia, além da definição do espaço necessário para a implantação, a seleção do porte adequado dos equipamentos.

Nesse sentido, Corrêa, Cursino e Silva (2019) propõem a retro análise como uma ferramenta eficaz para o dimensionamento dos equipamentos em uma central de processamento. Essa metodologia envolve a estimativa do volume de RCC a ser recebido na unidade e da taxa de produção, permitindo a escolha precisa dos equipamentos necessários para garantir a eficiência e a otimização das operações.

Como segunda opção de prioridade identifica-se o subcritério aplicação, neste os especialistas ponderaram sobre a aplicação do agregado reciclado, proveniente da reciclagem dos RCPF, na produção de elementos de concreto. No entanto, como mencionado anteriormente, segundo as recomendações da NBR 15116 (ABNT, 2021), que aborda o assunto incorporação de resíduos no concreto, para fins de concreto estrutural há uma limitação de resistência máxima de 20 MPa. Dessa forma, as empresas de elementos de concreto pré-fabricados não podem incorporar o RCPF

na produção de elementos, pois, na maioria das vezes, a resistência necessária será superior a 50 MPa. Assim, a aplicação do agregado reciclado proveniente dos RCPF por essas empresas se limita à produção de artefatos de concreto.

Para os especialistas o subcritério identificação dos RCPF também possui importância elevada, pois é nessa etapa que se verifica a possibilidade de utilização de um elemento danificado, seja durante a fabricação, movimentação, armazenamento ou transporte. Deverá ser definido se o elemento será reparado e reutilizado ou classificado como RCPF.

No contexto técnico, caso um elemento sofra algum tipo de avaria, uma equipe responsável deve realizar uma análise e propor alternativas. Assim, pode-se compreender que os especialistas julgaram que, se possível na etapa de identificação, propor alguma forma de reparo ou utilização é prioritário, pois evita o desperdício de matéria-prima e mão de obra.

Uma lacuna no conhecimento foi identificada devido à escassez de pesquisas sobre o reparo de elementos pré-fabricados de concreto na própria fábrica. O estudo piloto realizado nesta pesquisa constatou que é comum a ocorrência de avarias em alguns elementos durante o processo de fabricação. Tais avarias podem ser classificadas pelo controle de qualidade como passíveis de reparo ou inservíveis. O estudo também verificou que a maioria das avarias nos elementos pode ser solucionada por meio de técnicas que visam restaurar a integridade do elemento, seja por preenchimento de vazios com concreto fresco ou pela aplicação de uma nova "capa de concreto" para tamponar fissuras e aumentar a capacidade portante (Sarti Junior; Bazílio; Serra, 2021).

Nos julgamentos do subcritério transporte, os especialistas consideraram as características dos elementos de concreto pré-fabricados, que em sua maioria apresentam grandes dimensões e peso elevado. Isso exige que os meios de transporte tenham capacidade suficiente de carga e comprimento. Além disso, este subcritério também contempla os equipamentos necessários para a movimentação dos elementos. Os especialistas podem ter levado em conta que nem sempre há pontes rolantes fora da pista de produção, o que torna necessário o uso de guindastes.

Os elementos de concreto pré-fabricado, em sua grande maioria, são personalizados e produzidos especificamente para cada obra e projeto. Devido à sua grande escala, exigem um plano de produção e movimentação meticulosamente

elaborado, além de um cronograma de entrega estrategicamente definido. Para tal, as fábricas colaboram estreitamente com os projetistas na determinação das especificações do material, dimensões e requisitos de resistência (Wang *et al.*, 2012).

Por fim, o subcritério menos importante para os especialistas foi o de armazenamento. Este subcritério considerou a capacidade da empresa de acomodar os RCPF. A empresa deve separar em locais distintos os RCPF dos demais elementos destinados a obras ou reaproveitamento em projetos futuros, seja por incompatibilidade de projetos, cancelamento de compras ou erros na fabricação. Nesse contexto, o Especialista pode ter observado que a maioria das fábricas de pré-fabricados possuem espaço disponível para acomodar e separar os RCPF.

Ao analisar-se estes resultados, de acordo com as opiniões dos especialistas, o espaço para acomodar os RCPF não representou prioridade maior que os outros subcritérios técnicos. No entanto, é altamente recomendável que os RCPF sejam dispostos em locais específicos e definidos logisticamente.

Como ferramenta estratégica para o armazenamento dos RCPF, pode ser utilizado como exemplo o estudo realizado por Vendramim *et al.* (2021), no qual elaboraram um estudo para pré-dimensionar recipientes para armazenamento dos RCC em canteiros de obras. O estudo verificou que a falta de gerenciamento e um planejamento assertivo no manejo dos resíduos podem implicar em problemas de organização e segurança, os quais podem colocar em risco os colaboradores que atuam no segmento. Diante disso, torna-se evidente a necessidade de adoção de práticas e estratégias para garantir um tratamento adequado e assertivo dos RCPF.

5.5.3 SUBCRITÉRIOS ECONÔMICOS

Ao continuar a análise dos resultados da Tabela 5 (apresentada anteriormente no item 5.5), verificou-se que o subcritério econômico com maior preferência, para nove dos treze especialistas, foi o “custo de transformação”. Os demais subcritérios, em ordem decrescente de preferência, são o custo com descarte, consumo de matéria-prima, custo com mão de obra e custo com armazenamento.

O custo para transformação, que foi considerado o principal subcritério para os especialistas, corroborou com os estudos que apresentaram que deve ser considerado o investimento necessário para a implantação de uma central de processamento de resíduos. Deste modo, os especialistas avaliaram como um

gargalo o custo para transformação dos RCPF em agregados reciclados, pois o alto investimento deve ser amparado por um estudo de viabilidade econômica.

Diversos trabalhos apresentaram o estudo de viabilidade econômica para implantação de centrais que realizam o processamento completo dos RCC (Niaounakis; Blank, 2017; Strapassao *et al.*, 2019; Kern *et al.*, 2021; Gonçalves *et al.*, 2023). No entanto, no Brasil, não foi encontrado um estudo de viabilidade econômica para a implantação de uma central de processamento dedicada para processar os RCPF. Sabendo que os equipamentos utilizados para processar os RCC não possuem capacidade para processar os RCPF, sabe-se que o custo de implantação de uma central de processamento dos RCPF será maior quando comparado ao custo de uma central de RCC.

O segundo subcritério econômico mais preferido foi o "custo com descarte". Este subcritério também foi considerado como mais importante por dois especialistas, que julgaram que os custos envolvidos no descarte dos RCPF devem ser levados em conta. É necessário que esta destinação seja realizada por empresas credenciadas junto aos órgãos municipais, estaduais e federais, e que o local de destinação possua licença de operação. A empresa que irá coletar e/ou receber e destinar os RCPF deverá cobrar uma taxa sobre a quantidade de RCPF a ser descartado (seja por peso, volume ou viagem). Logo, quanto maior for a geração de RCPF na empresa fabricante, maiores serão as despesas com o descarte. Assim, os especialistas entendem que este é um ponto importante e que merece atenção.

Conforme Kelin e Gonçalves-Dias (2024), as taxas ambientais se classificam de acordo com o custo dos serviços públicos ambientais relacionados à carga poluidora gerada pelos contribuintes. A maior parcela dessas taxas é destinada ao custeio de tarefas administrativas. No Brasil, a imposição de taxas é necessária para garantir a regularização das atividades poluidoras. No âmbito dos RCC, tais taxas podem ser observadas na aquisição das licenças de implantação, operação e manejo.

Diante disso, além dos custos com o transporte dos RCPF até os aterros, há a incidência de taxas administrativas sobre o serviço prestado. Considerando o alto volume (tamanho e peso) que os RCPF comumente apresentam, o custo do descarte se configurou como um ponto crítico, conforme destacado pelos especialistas.

Os demais subcritérios, consumo de matéria-prima e custo com mão de obra foram mencionados como mais importantes apenas uma vez cada. Isso indicou que,

embora sejam considerados como relevantes, esses subcritérios não alcançaram o mesmo nível de importância que o custo de transformação. Entre os subcritérios remanescentes, o consumo de matéria-prima obteve o maior índice de prioridade média local (PML), com 40,00%. Em seguida, figurou o custo de mão de obra, com PML de 31,07%. O custo com armazenamento, por sua vez, não foi selecionado como mais importante por nenhum especialista.

5.5.4 CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DOS SUBCRITÉRIOS

Para avaliar a consistência das respostas obtidas para os subcritérios, com base nas opiniões dos especialistas, foram realizados os cálculos das matrizes de comparação e identificou-se os valores do autovalor, o Índice de Consistência e o valor da Razão de Consistência. Conforme sugerido por Saaty (1990), o valor do RC irá demonstrar a coerência das comparações feitas pelos especialistas ao determinar as prioridades para os subcritérios. Na Tabela 6, são apresentados os valores obtidos para o vetor lambda, IC e RC dos treze especialistas, por meio das matrizes de cálculo. Os dados da Tabela 6 correspondem às respostas das perguntas 24 a 83 do questionário aplicado.

Tabela 6: Consistência das respostas dos Subcritérios

Especialistas	Subcritério Ambiental			Subcritério Técnico			Subcritério Econômico		
	λ_{max}	IC	RC (%)	λ_{max}	IC	RC (%)	λ_{max}	IC	RC (%)
E1	9,42	1,06	94,69	8,14	0,78	70,24	6,32	0,33	29,63
E2	7,64	0,66	58,95	7,64	0,66	58,95	7,64	0,66	58,95
E3	9,18	1,04	93,70	6,93	0,48	43,20	8,79	0,94	84,64
E4	7,34	0,58	52,42	6,23	0,3	27,53	6,19	0,29	26,73
E5	8,39	0,84	75,75	6,97	0,49	43,99	6,09	0,27	24,43
E6	6,09	0,27	24,51	7,92	0,72	65,17	7,71	0,67	60,51
E7	8,79	0,94	84,69	6,87	0,46	41,74	6,85	0,46	41,40
E8	8,3	0,82	73,72	6,46	0,36	32,79	8,58	0,83	80,10
E9	6,01	0,25	22,66	9,06	1,01	90,66	6,25	0,31	27,92
E10	6,42	0,35	31,86	5,56	0,14	12,54	6,29	0,32	28,82
E11	5,87	0,21	19,57	6,47	0,36	32,99	6,32	0,32	29,10
E12	6,71	0,42	38,26	6,59	0,39	35,64	6,65	0,41	37,03
E13	7,52	0,63	56,30	7,48	0,62	55,43	7,65	0,66	59,32

Fonte: Autor.

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 6, observou-se que a razão de consistência para todos os subcritérios (ambientais, técnicos e econômicos) apresentou valores superiores a 20%. Isso indica uma inconsistência significativa nas

comparações par a par, sugerindo que os dados devem ser interpretados com cautela e, se possível, revisados.

Apesar da inconsistência na RC identificada na Tabela 6, tal como na Tabela 4, o pesquisador optou por não interferir nos resultados da pesquisa, respeitando a análise subjetiva dos especialistas em relação aos subcritérios. Dessa forma, o questionário não foi reaplicado e os valores de RC obtidos foram mantidos. É importante ressaltar que a inconsistência na RC não invalida completamente os resultados da pesquisa. No entanto, é importante que essa limitação seja levada em conta ao interpretar os dados finais. Acredita-se que um dos motivos prováveis que levaram a estes resultados foi devido ao número de comparações par a par. Conforme Saaty e Vargas (2013), um alto número de comparações pode levar o respondente a erros, devido à desatenção ou até mesmo por falta de entendimento do propósito do método AHP.

5.6 ALTERNATIVAS

De acordo com a metodologia proposta pelo método AHP, foram definidas três alternativas no 4º nível hierárquico, as quais poderão ser utilizadas na tomada de decisão. Tais alternativas foram estabelecidas por meio de um levantamento que incluiu desde a identificação da existência dos RCPF até o manejo que a empresa realiza para este material.

Neste levantamento, foi identificado que, atualmente, existe uma significativa limitação quanto à reciclagem e ao reaproveitamento dos RCPF, pois a forma utilizada para a destinação disponível para estes resíduos foi por meio do descarte em aterros legais. Além disso, ao buscar outras formas de destinação, verificou-se a inexistência de informações sobre empresas recicladoras que realizam o processamento dos RCPF. Com isso, além da possibilidade de descarte em aterros, outras alternativas propostas para a destinação dos RCPF seriam a implantação de uma central de processamento dentro das dependências da empresa ou então firmar parcerias com empresas e associações que realizassem o processamento de resíduos em geral.

Apresentam-se a seguir, os resultados obtidos segundo as opiniões dos especialistas, o *ranking* de prioridades para as opções de destinação dos RCPF. Na Tabela 8 estão relacionados os resultados obtidos para os treze especialistas, bem como o *ranking* das opções de descarte e o valor da valoração global (VG), que é uma

medida que reflete a importância relativa de cada alternativa em relação às outras, considerando todos os critérios avaliados, apresentada em porcentagem. Os dados da Tabela 7 correspondem às respostas das perguntas 84 a 173 do questionário aplicado.

Tabela 7: Ranking de prioridades das alternativas de destinação dos RCPF

Especialistas	Alternativas		VG (%)
E1	1º	Descartar em aterro legal.	63,79
	2º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	26,34
	3º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	9,87
E2	1º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	72,73
	2º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	22,12
	3º	Descartar em aterro legal.	5,16
E3	1º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	65,67
	2º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	24,89
	3º	Descartar em aterro legal.	9,44
E4	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	52,33
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	38,07
	3º	Descartar em aterro legal.	9,60
E5	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	48,75
	2º	Descartar em aterro legal.	35,25
	3º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	16,00
E6	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	60,87
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	29,66
	3º	Descartar em aterro legal.	9,47
E7	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	42,65
	2º	Descartar em aterro legal.	39,72
	3º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	17,63
E8	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	63,03
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	27,87
	3º	Descartar em aterro legal.	3,09
E9	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	68,73
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	23,04
	3º	Descartar em aterro legal.	8,23
E10	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	62,56
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	27,85
	3º	Descartar em aterro legal.	9,59
E11	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	64,42
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	26,35
	3º	Descartar em aterro legal.	9,10
E12	1º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	64,98
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	23,02
	3º	Descartar em aterro legal.	12,00
E13	1º	Descartar em aterro legal.	54,26
	2º	Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	30,61
	3º	Implantar uma central de processamento dos RCPF.	15,12

Fonte: Autor.

Analisando os resultados da Tabela 7, foi possível identificar que a implantação de uma central de processamento dos RCPF nas dependências da empresa foi a alternativa mais preferida por nove dos treze especialistas. Na opinião dos

especialistas, essa alternativa possui forte prioridade em relação às outras duas, conforme justificado pela análise do Índice de VG. Em todas as opções em que a alternativa "implantar uma central de processamento" figurou em primeiro lugar no *ranking*, o valor obtido para o VG se manteve sempre acima de 48%.

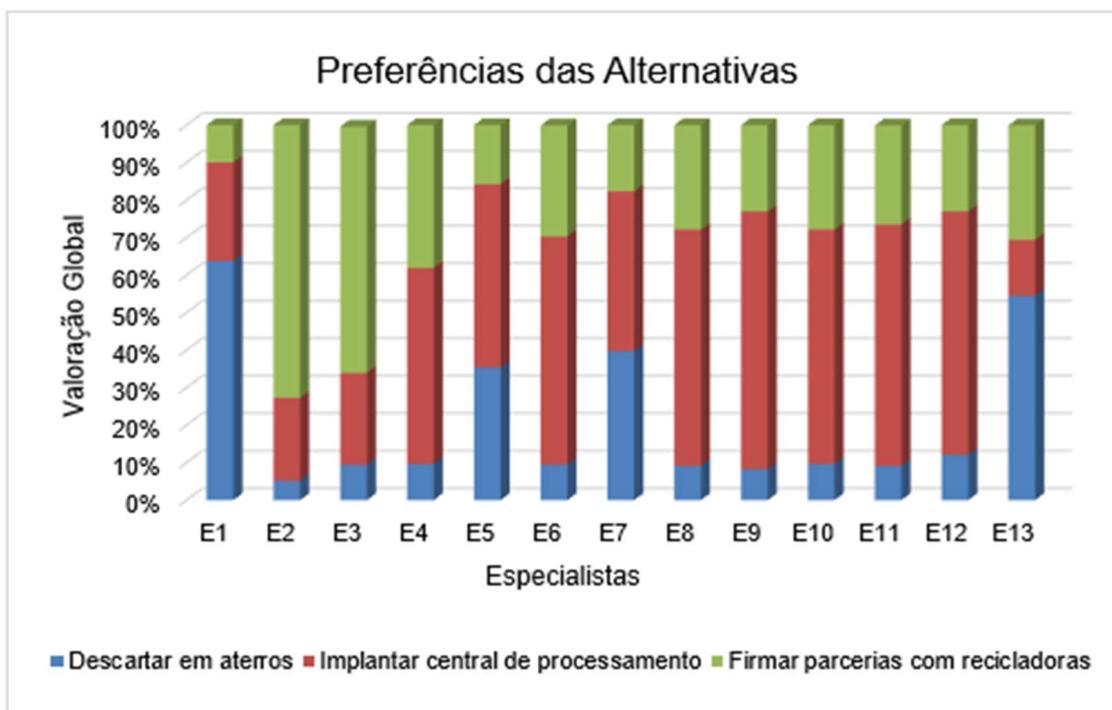
Com base nisso, pode-se concluir que, na opinião desses especialistas a implantação de uma central de processamento representou a melhor solução para a gestão dos RCPF. Além disso, essa alternativa se destacou por apresentar vantagens significativas em relação às demais, tais como, maior controle sobre o processo de manejo dos RCPF; redução dos custos com transporte e descarte em aterros e promoção da sustentabilidade e da reutilização dos materiais. Portanto, o índice VG serve como um indicador robusto para embasar essa conclusão, pois demonstrou a preferência clara dos especialistas por essa alternativa.

Ainda, com base nos resultados da Tabela 7, identificou-se que, na opinião de dois especialistas, a alternativa de firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento dos RCPF aparece como primeira colocada no *ranking*. Esta alternativa é bastante relevante para o contexto geral dos reaproveitamentos dos RCPF, pois permite o descarte do resíduo e, simultaneamente, promove a sustentabilidade, já que o processamento dos RCPF resultará na produção de subproduto agregado reciclado, o qual pode ser direcionado para a indústria da construção civil.

Por outro lado, a alternativa de descartar em aterros legalizados apareceu como prioritária também na opinião de dois especialistas, entretanto com valoração global abaixo da opção firmar parcerias. Embora essa alternativa possa ser considerada a solução mais prática para a empresa, sabe-se que não fomenta a sustentabilidade. Estes atributos podem ter influenciado os julgamentos dos especialistas, resultando em sua baixa preferência.

Na Figura 25 apresenta-se um diagrama que resume a preferência das alternativas classificadas com base no valor de valoração global, obtido a partir das opiniões dos treze especialistas. Os dados da Figura 25 correspondem às respostas das perguntas 84 a 173 do questionário aplicado.

Figura 25: Classificação das Alternativas



Fonte: Autor.

O gráfico da Figura 25 apresenta a VG das preferências dos treze especialistas em relação a três alternativas para o gerenciamento dos RCPF, sendo estas "Descarte em aterros", "Implantação de central de processamento" e "Firmar parcerias com recicladoras". Ao analisar o gráfico, observou-se que a alternativa com menor preferência entre os especialistas é o descarte dos RCPF em aterros legalizados. Essa alternativa foi priorizada por apenas dois especialistas (E1 e E2), que apresentaram perfis semelhantes, ambos são engenheiros civis e atuam em empresas de grande porte do segmento de concreto pré-fabricado há mais de 20 anos. Os demais especialistas possuem menos anos de experiência, cerca de 2 a 5 anos em média. Diante disso, inferiu-se que a experiência acumulada ao longo dos anos conferiu a esses profissionais uma postura mais conservadora em relação à reciclagem e reutilização dos RCPF, priorizando a alternativa de destinação alinhada com as leis e normas vigentes.

A alternativa que propôs a celebração de parcerias com empresas ou associações que reciclam e transformam os RCPF em agregados reciclados também foi priorizada por dois especialistas (E2 e E3). No entanto, essa alternativa apresentou valores de valoração global superiores à alternativa "Descartar em aterros". Ao analisar novamente o perfil dos especialistas que priorizaram essa alternativa,

observou-se que ambos atuam no setor de gerenciamento de obras do segmento de concreto pré-fabricado. Isso indicou um perfil mais moderado, pois a interface do gerenciamento com as parcerias envolve também o problema da destinação final dos RCC e promove a sustentabilidade como consequência.

A implantação na empresa de uma central de processamento para os RCPF gerados e sua transformação em agregados reciclados foi a alternativa que obteve a maior preferência entre os especialistas. Para nove dos treze especialistas, essa alternativa apresentou maior importância em relação às demais. Entre as três opções disponíveis, essa alternativa foi a que demonstrou maior foco na sustentabilidade, pois por meio dela foi possível produzir agregados reciclados e incorporá-los na fabricação de artefatos de concreto e/ou elementos de concreto com resistência estrutural de até 20 MPa. Nesse sentido, observou-se que, para esses especialistas, a possibilidade de reduzir o consumo de matérias-primas tradicionais e utilizar o agregado reciclado como substituição parcial ou total contribui para a diminuição dos impactos negativos que a construção civil causa no meio ambiente.

Ademais, para esses nove especialistas, observou-se um comportamento mais audacioso, pois, mesmo sem a presença de uma unidade de processamento em operação no Brasil como exemplo, acreditaram na viabilidade da instalação de uma central de processamento dos RCPF.

Conforme apresentado anteriormente, no Brasil as unidades recicladoras foram dimensionadas para processar exclusivamente os RCC. Com isso, para a implantação de uma central que irá processar os RCPF, será necessário o dimensionamento de equipamentos específicos com maior capacidade de processamento, além da importação dessa tecnologia e adaptação para o âmbito nacional.

Portanto, a confiança demonstrada nesta alternativa pelos especialistas se fundamentou na existência de empresas e equipamentos em países como Alemanha e Inglaterra, que já realizam essa atividade, amparados por normas consolidadas. Logo, essa realidade pode despertar o interesse dos especialistas brasileiros na aplicação dessa tecnologia no Brasil.

Em linhas gerais, os resultados obtidos demonstraram coerência com os perfis dos especialistas. Ressaltou-se que, entre as três alternativas de destinação propostas nesta pesquisa, apenas a opção de descarte em aterros legalizados já é uma realidade no Brasil. As demais alternativas representam oportunidades a serem

exploradas para o gerenciamento dos RCC. Além disso, o método AHP se mostrou eficaz, pois possibilitou a apresentação de novas opções para além das práticas habituais dos especialistas e a demonstração hierárquica das preferências indicadas nas comparações paritárias.

5.6.1 DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

Para uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos para as alternativas, foi realizada uma avaliação do desempenho de cada alternativa em relação aos diferentes subcritérios considerados no processo de tomada de decisão. Essa avaliação foi realizada por meio da elaboração de diagramas que apresentam o comportamento das alternativas frente aos subcritérios que apresentaram maior valor de PML.

A representação visual do desempenho das alternativas permitiu uma análise rápida e fácil do desempenho relativo das alternativas em relação a cada subcritério. Isso facilitou a identificação dos pontos fortes e fracos de cada alternativa, tornando a comparação entre elas mais facilitada.

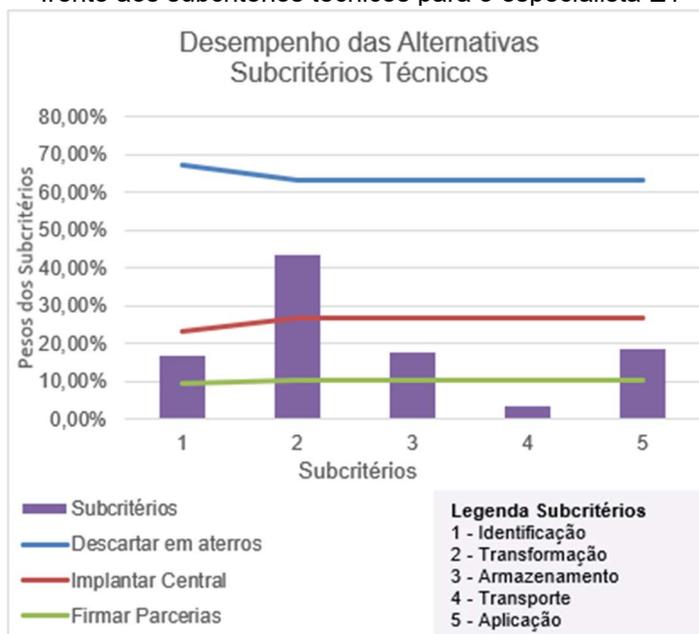
Portanto, para cada alternativa "Descartar em aterros legalizados", "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" e "Implantar central de processamento" foi identificado, dentre as opiniões dos treze especialistas, o resultado que apresentou o maior índice de Valoração Global e, por consequência, o subcritério de maior prioridade (PML), que culminou na escolha da alternativa. Dessa forma, identificou-se que os principais índices de VG, para cada alternativa, foram obtidos com base na opinião dos seguintes especialistas:

- Especialista 1: Alternativa "Descartar em aterros legalizados" (VG: 63,79%) e Subcritério Técnico – Transformação (PML: 43,40%);
- Especialista 2: Alternativa "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem do RCPF" (VG:72,73%) e Subcritério Ambiental – Leis e Normas (PML: 51,90%); e
- Especialista 9: Alternativa "Implantar central de processamento" (VG: 68,73%) e Subcritério Ambiental – Leis e Normas (PML:50,50%).

Na Figura 26, apresenta-se o diagrama com os resultados obtidos para o desempenho da alternativa "Descartar em aterros legalizados" frente aos subcritérios

técnicos, segundo a ponderação atribuída pelo Especialista que apresentou maior índice de VG, E1.

Figura 26: Desempenho da alternativa Descartar em aterros legalizados frente aos subcritérios técnicos para o especialista E1



Fonte: Autor.

Analisando-se o diagrama da Figura 26, observou-se uma predominância por parte da alternativa "Descartar em aterros legalizados", pois frente a todos os subcritérios técnicos, esta alternativa sempre esteve acima das demais. Logo, pode-se identificar que, segundo o Especialista E1, esta alternativa sempre foi a sua prioridade, independentemente da situação.

Deste modo, não foi observado o efeito compensatório, que ocorre quando os atributos de um subcritério influenciam na mudança de opinião do especialista, provocando variações nas prioridades atribuídas. Tal comportamento pode ser justificado levando em conta o perfil do Especialista E1, que é um engenheiro civil que atua no setor de gestão de contratos de obras de pré-fabricados há mais de 20 anos. Logo, na caracterização do respondente, que se encontra no Apêndice D, identificou-se que o Especialista possui forte relação com o assunto pré-fabricado, devido aos anos de experiência informados.

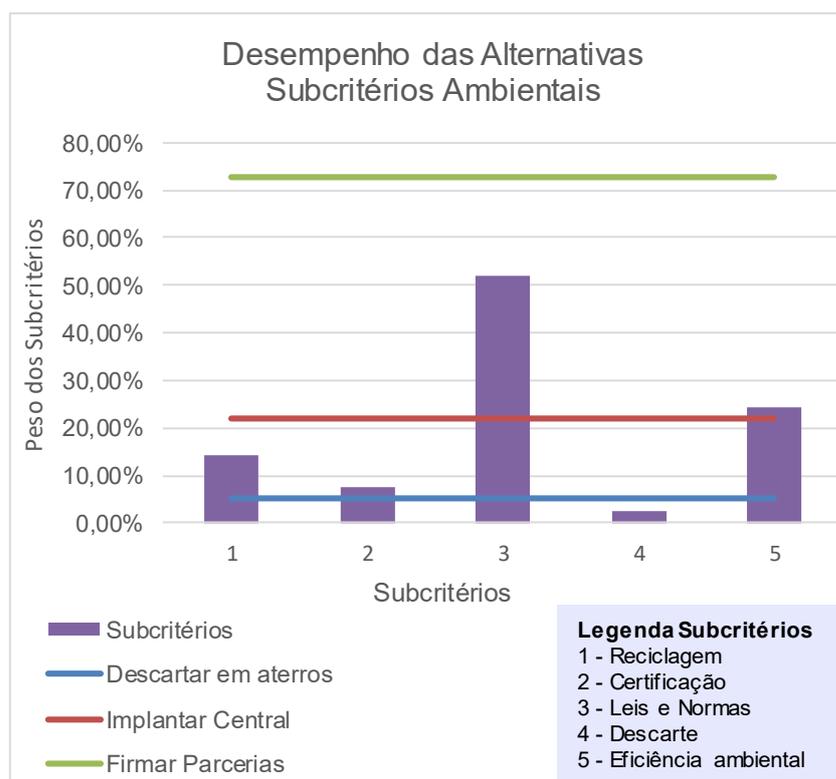
Deste modo, em sua opinião, o descarte dos RCPF é a alternativa mais importante dentre as opções disponíveis para ponderação. O subcritério técnico que apresentou maior índice de PML foi o subcritério 2, "transformação".

Na Figura 27, são apresentados, por meio do diagrama de desempenho, os resultados obtidos para o desempenho da alternativa "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" frente aos subcritérios ambientais, com base na opinião do Especialista E2.

Os resultados apresentados no diagrama da Figura 27 demonstraram que, na opinião do Especialista E2, a alternativa "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" sempre esteve em sua prioridade. Além de estar em primeiro lugar frente a todos os subcritérios, é possível observar um comportamento linear de todas as alternativas.

Ainda, nota-se que, na opinião do Especialista E2, esta alternativa possui uma forte prioridade frente às demais, visto que a distância entre a alternativa de maior prioridade (72,73%) e a segunda prioridade (22,15%) é de mais de 50%.

Figura 27: Desempenho da alternativa Firmar parcerias com empresas recicladoras dos RCPF frente aos subcritérios ambientais para o Especialista E2



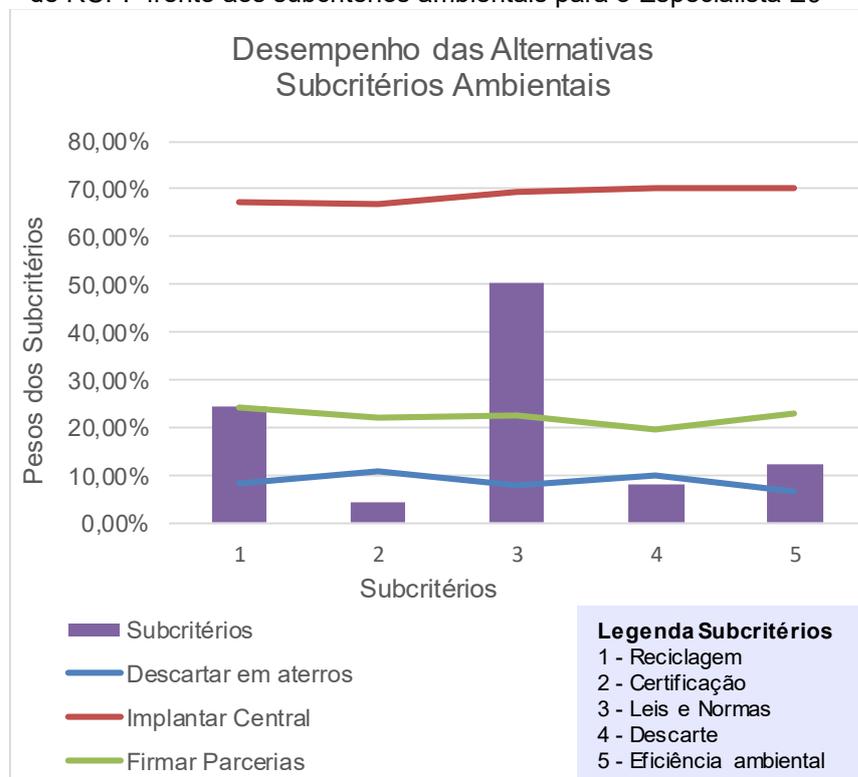
Fonte: Autor.

Fazendo uma breve análise do perfil do Especialista E2, identificou-se que ele é um engenheiro civil que atua na gestão de obras de pré-fabricados há mais de 15 anos. Com base no perfil do Especialista E2 (Apêndice D), pode-se atribuir a escolha

por "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" ao fato de que a empresa em que ele atua é de médio porte, resultando em um baixo volume de RCPF gerados. Segundo o Especialista E2, atualmente, os RCPF são descartados em aterros legalizados por meio de empresas certificadas. Tal comportamento justificou a seleção do subcritério "leis e normas" como o de maior importância (51,90%), pois a forma como a empresa descarta seus RCPF garante o cumprimento dos requisitos mínimos estabelecidos pela lei. Isso pode ser evidenciado pela diferença de aproximadamente 30% entre o subcritério mais importante e o segundo mais importante, "eficiência ambiental" (24,11%).

Na Figura 28, apresenta-se o diagrama com os resultados obtidos para o desempenho da alternativa "Implantar uma central de processamento dos RCPF" frente aos subcritérios ambientais, os quais foram obtidos por meio da opinião do Especialista E9.

Figura 28: Desempenho da alternativa Implantar central de processamento de RCPF frente aos subcritérios ambientais para o Especialista E9



Fonte: Autor.

Observando os resultados apresentados no diagrama da Figura 28, é possível identificar que, na opinião do Especialista E9, que a alternativa com maior prioridade

é a “Implantar central de processamento”, com uma taxa de VG de 68,73%. Ainda, observou-se que, para o Especialista E9, desde o início da comparação frente aos subcritérios, que esta alternativa sempre se mostrou como prioridade.

A análise das respostas do Especialista E9 revelou um “ruído” no comportamento das alternativas. Essa inconsistência pode ser interpretada como um sinal de dúvidas por parte do Especialista em relação à escolha da melhor alternativa. Entretanto, tal variação não foi forte o suficiente para proporcionar um efeito compensatório entre as alternativas. Logo, o Especialista E9 não mudou de opinião, haja vista que a alternativa escolhida figurou em primeiro lugar frente a todos os subcritérios ambientais.

Como forma de amparar os resultados obtidos, verificou-se que o perfil do Especialista E9, disponível no Apêndice D, é de um engenheiro civil com mais de cinco anos de experiência no segmento de pré-fabricado, o qual atua em uma empresa de pequeno porte no estado de São Paulo. Logo, percebeu-se uma forte preferência pelo subcritério Leis e Normas que se justificou pelo fato de que o Especialista preza pela legalização da atividade que promove o descarte dos RCPF, pois segundo este, atualmente, os RCPF produzidos são descartados por empresas certificadas que destinam os resíduos aos aterros legalizados. Com isso, é possível entender que a empresa promoveu a destinação dos RCPF seguindo as diretrizes das leis.

No entanto, para o Especialista E9, o segundo subcritério ambiental definido como mais importante foi a reciclagem (24,56%) corroborando com as respostas obtidas na fase de caracterização do respondente, onde foi informado que a empresa possui interesse em participar de pesquisas que fomentam a sustentabilidade e que a reciclagem dos RCPF promove a sustentabilidade.

Observando os resultados apresentados anteriormente, verificou-se que os três especialistas selecionados para análise apresentaram comportamento semelhante, não demonstrando dúvidas ao opinar sobre a importância de uma alternativa em relação aos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos. No entanto, esse comportamento não se estende a todos os especialistas.

Analisando-se os resultados da Tabela 6, item 5.5.4, observa-se que, para o Especialista E13, os valores de RC obtidos para as matrizes de comparação dos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos apresentaram valores acima de 55%

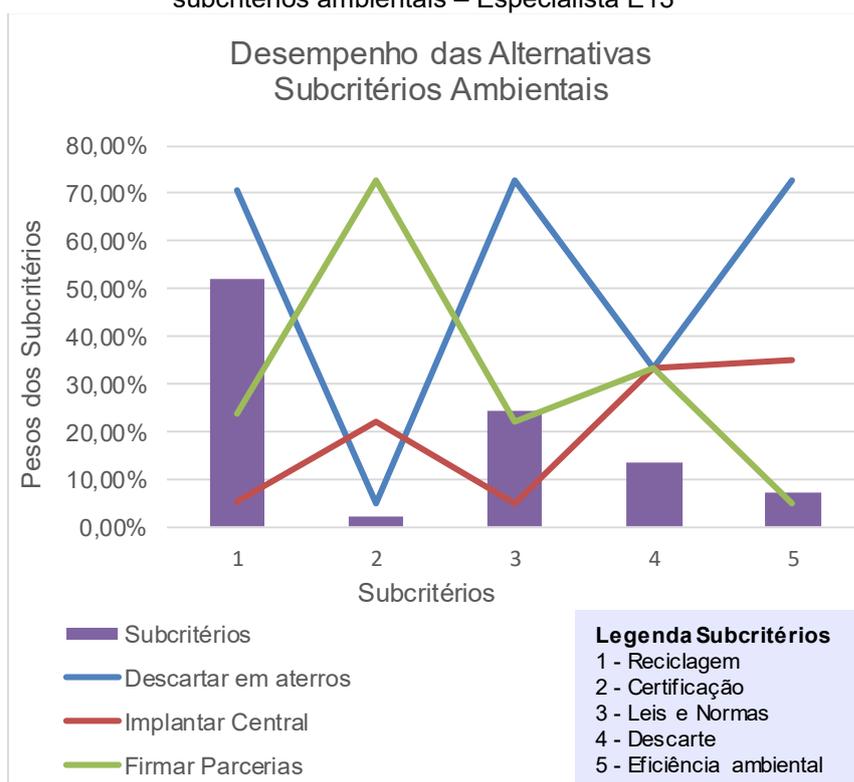
(alto grau de inconsistência). Com isso, pode-se deduzir que este Especialista não teve coerência em suas escolhas, implicando em resultados questionáveis.

Diante desta situação, para uma análise mais aprofundada, foram elaborados diagramas para verificar graficamente o desempenho da alternativa prioritária frente aos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos, que levou em consideração a seguinte configuração:

- Especialista E13: Alternativa prioritária – “Descartar os RCPF em aterros de materiais inertes legalizados”.

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 29, 30 e 31, os diagramas com o desempenho da alternativa prioritária, definida pelo Especialista E13, em relação aos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos, respectivamente.

Figura 29: Desempenho da alternativa prioritária frente aos subcritérios ambientais – Especialista E13

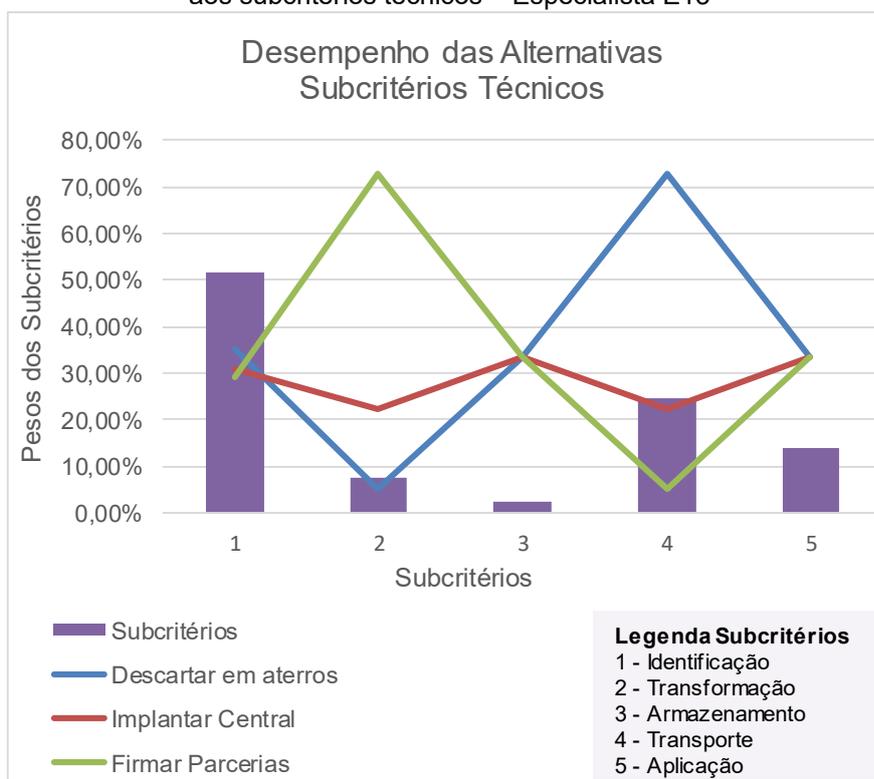


Analisando o comportamento das alternativas em relação aos subcritérios ambientais, observou-se que, à medida que a comparação da alternativa era feita em detrimento de um subcritério ambiental, a opinião do Especialista E13 mudava. Verificou-se que a alternativa prioritária (Descartar os RCPF em aterros legalizados),

em relação ao subcritério 2 (certificação), apresentou menor prioridade, e no subcritério 4 manteve-se empatada com as demais.

Observando-se o desempenho da alternativa prioritária, verificou-se que, mesmo com menor priorização em relação ao subcritério 2 e empate técnico no subcritério 4, uma tendência positiva é notada, pois os valores de PML foram crescendo ao longo dos subcritérios 1, 3 e 5.

Figura 30: Diagrama do desempenho da alternativa prioritária frente aos subcritérios técnicos – Especialista E13



Fonte: Autor.

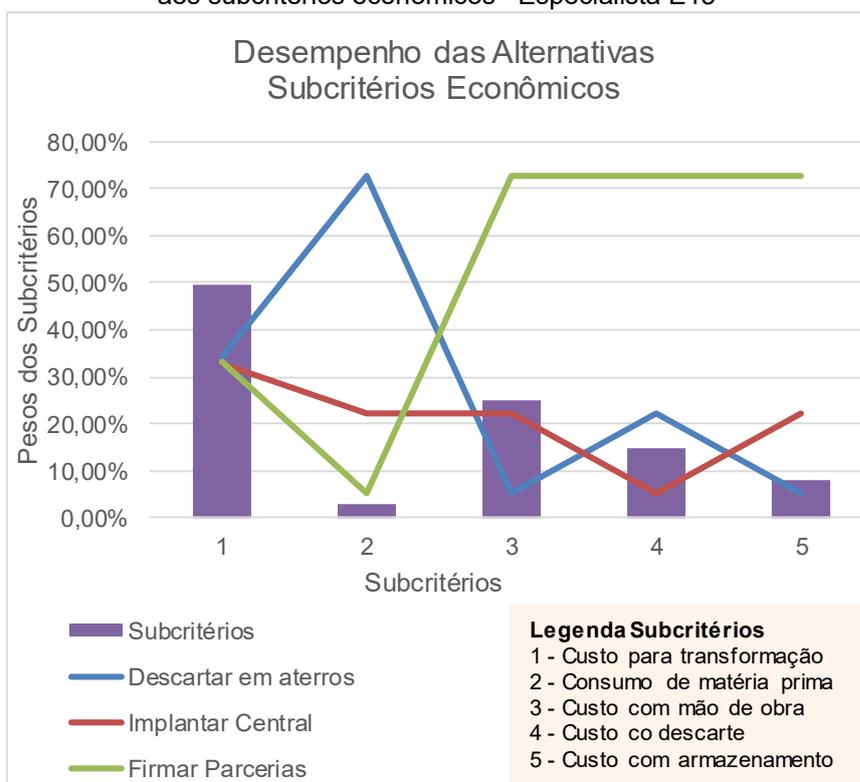
Observando o comportamento do diagrama da Figura 30, percebeu-se uma grande variação no desempenho das alternativas. Analisando o subcritério 1 (identificação), notou-se que este subcritério apresentou o peso de PML superior aos demais (52,13%). Com isso, identificou-se que, nesse ponto, as alternativas apresentavam resultados próximos. Entretanto, a alternativa prioritária (descartar os RCPF em aterros legalizados) apresentou maior preferência na opinião do Especialista E13.

Além disso, verifica-se que o comportamento das alternativas variou significativamente em relação aos subcritérios 2 (transformação) e 4 (transporte). Para

os demais subcritérios, a preferência pelas alternativas foi próxima, ou seja, com pequenas variações.

De modo geral, identificou-se um comportamento semelhante entre a alternativa prioritária e a alternativa "firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizaram o processamento e reciclagem dos RCPF", e que não houve uma única alternativa com preferência em todos os subcritérios.

Figura 31: Diagrama do comportamento da alternativa prioritária frente aos subcritérios econômicos– Especialista E13



Fonte: Autor.

Com base na Figura 31, que apresentou uma análise do desempenho das alternativas em relação ao subcritério econômico "custo para transformação", verificou-se que a alternativa que apresentou maior preferência, segundo o Especialista E13, foi "Descartar os RCPF em aterros legalizados". Analisando de forma geral, percebeu-se que nenhuma alternativa teve maior preferência em todos os subcritérios. Ainda assim, observou-se que a alternativa prioritária foi a principal nos subcritérios 1 e 2, "custo para transformação" e "consumo de matéria-prima", respectivamente. Para os demais subcritérios, a alternativa que apresentou maior

preferência foi "firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF".

Fazendo-se uma análise dos resultados obtidos para o desempenho das alternativas dos especialistas E1, E2, E9 e E13, apresentados anteriormente, observou-se que, nos casos em que os especialistas se mantiveram firmes em suas escolhas (E1, E2 e E9), a diferença entre o valor de VG da primeira e da segunda alternativa com maior prioridade ficou acima de 37%. Em contrapartida, observa-se que os valores de VG obtidos com base nas opiniões do Especialista E13, em relação ao subcritério ambiental, mostraram uma ligeira diferença, enquanto para os subcritérios técnicos e econômicos a diferença foi mínima. Com isso, entendeu-se que, para os especialistas E1, E2 e E9, as opiniões foram mais robustas, pois se mantiveram firmes em suas escolhas, mesmo apresentando valores de RC acima de 20%. Já para o Especialista E13, julgou-se que suas opiniões foram tomadas com um certo nível de incoerência, pois o comportamento não uniforme dos diagramas corrobora os valores de RC acima de 50%.

5.6.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade voltada ao método AHP é um procedimento utilizado para avaliar a robustez e confiabilidade dos resultados obtidos na tomada de decisão. Por meio dessa análise, foi possível verificar como as decisões tomadas podem ser afetadas por mudanças nos pesos atribuídos aos critérios e subcritérios utilizados na avaliação das alternativas. Para esta pesquisa, realizou-se a Análise de Sensibilidade para as alternativas:

- Descartar os RCPF em aterros de materiais inertes legalizados;
- Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF; e
- Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados.

Primeiro, foram apresentados os resultados das alternativas com maior índice de Valoração Global, seguindo a mesma lógica utilizada para avaliar o desempenho das alternativas, e correlacionando com o subcritério que apresentou maior valor de Prioridade Média Local dentro de cada alternativa.

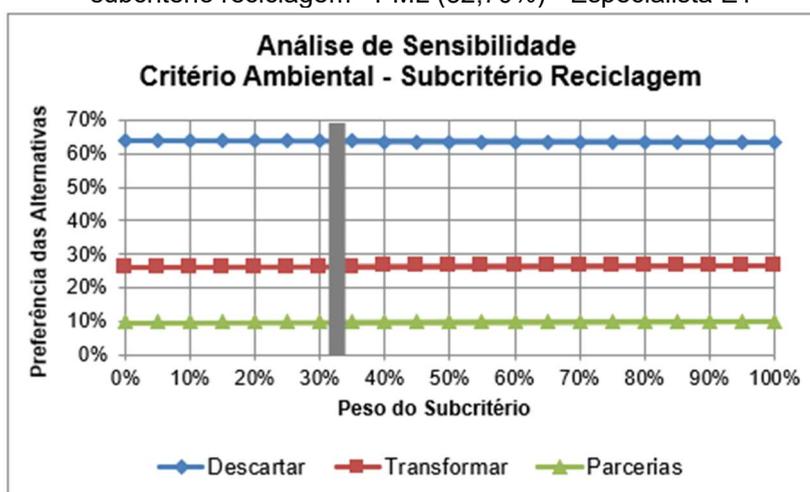
Para isso, foram considerados os resultados dos especialistas E1, E2 e E9. Em seguida, serão apresentados os resultados obtidos por meio da simulação de dois cenários:

- **Cenário 1:** Todos os critérios com o mesmo peso. Neste cenário, foi atribuído o mesmo peso (33,33%) a cada critério; e
- **Cenário 2:** Maior peso para a critério com menor preferência. Neste cenário, foi concedido 50% do peso total ao critério que obteve a menor preferência na valoração global (3º lugar no *ranking*). Os 50% restantes foram divididos igualmente entre os dois critérios remanescentes.

Para uma melhor discussão dos resultados, primeiro serão apresentados os resultados individuais para cada Especialista e, em seguida, será realizada uma discussão geral.

Apresenta-se na Figura 32, a análise de sensibilidade elaborada para o critério ambiental e o subcritério reciclagem; na Figura 33, a análise de sensibilidade para o critério técnico e o subcritério transformação; e na Figura 34, a análise de sensibilidade para o critério econômico e o subcritério custo para transformação, todos elaborados a partir das opiniões do Especialista E1.

Figura 32: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério reciclagem - PML (32,70%) - Especialista E1



Fonte: Autor.

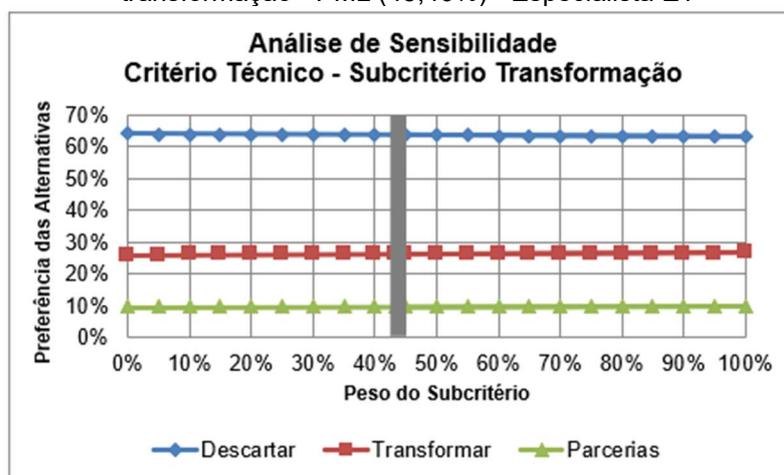
Observando os resultados apresentados no diagrama da Figura 32, verificou-se que, independentemente do peso do subcritério, a alternativa "descartar em aterros legalizados" sempre esteve em prioridade para o Especialista E1. Este diagrama

apresentou os resultados das alternativas frente aos subcritérios ambientais, considerando o subcritério que apresentou maior valor de PML.

Foi inserido no diagrama uma barra cinza vertical para marcar o ponto em que o subcritério reciclagem atingiu seu maior valor de PML (32,70%).

Assim, verificou-se que neste ponto existe uma distância considerável entre as alternativas, logo percebeu-se que as variações obtidas foram irrisórias e podem ser consideradas como irrelevantes.

Figura 33: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério transformação - PML (43,40%) - Especialista E1

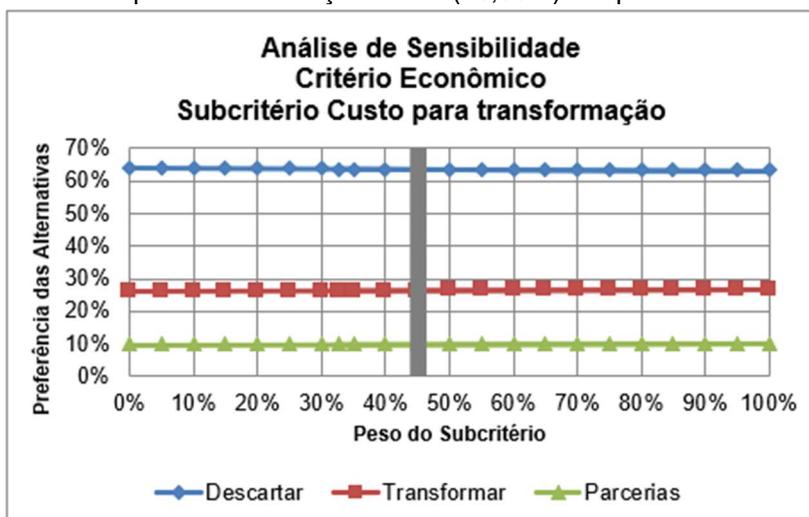


Fonte: Autor.

Analisando o diagrama da Figura 33, verificou-se que, independentemente do peso do subcritério técnico transformação, não houve alterações significativas no comportamento da alternativa definida como prioridade para o Especialista E1. Observou-se que, no ponto em que o subcritério transformação atingiu seu valor máximo de PML (43,40%), a alternativa "Descartar os RCPF em aterros legalizados" apresentava um valor de Valoração Global de 63,72%.

Além disso, notou-se que para as demais alternativas também não houve alterações significativas. No entanto, a diferença entre a segunda e a terceira opção é inferior (16,34%), enquanto a diferença entre a primeira e a segunda colocada fica em torno de 37%.

Figura 34: Análise de Sensibilidade das alternativas - subcritério custo para transformação - PML (46,00%) - Especialista E1

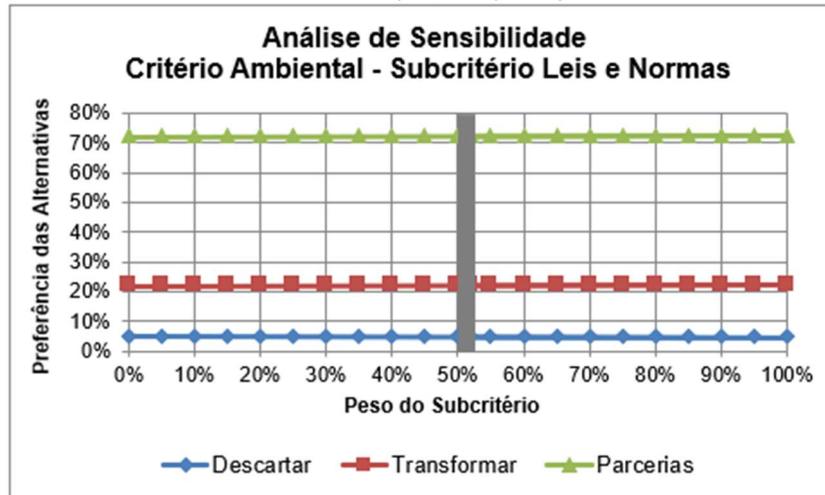


Fonte: Autor.

Observando os resultados apresentados no diagrama da Figura 34, verificou-se que, no ponto em que o subcritério econômico "custo para transformação dos RCPF" atingiu seu peso máximo de PML (46,00%), a alternativa que apresentou maior prioridade, na opinião do Especialista E1, foi "Descartar os RCPF em aterros legalizados". No entanto, ao observar os resultados, identificou-se que, independentemente do peso atribuído ao subcritério econômico, a preferência pela alternativa escolhida como principal não muda.

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 35, 36 e 37, a análise de sensibilidade elaborada para o critério ambiental e o subcritério leis e normas, o critério técnico e o subcritério transformação, e a análise de sensibilidade para o critério econômico e o subcritério custo para transformação, respectivamente. Estas análises foram elaboradas a partir das opiniões do Especialista E2.

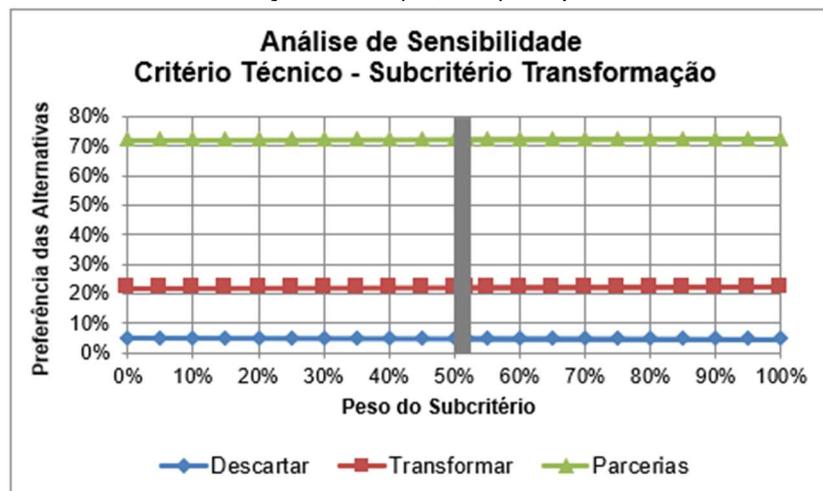
Figura 35: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério leis e normas - PML (51,90%) - Especialista E2



Fonte: Autor.

Analisando os resultados da análise de sensibilidade obtida para as alternativas frente ao subcritério leis e normas (Figura 35), observou-se que não houve variações na opinião do Especialista E2. A escolha da alternativa com maior prioridade, "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF", não teve divergência em relação às demais alternativas. Portanto, verificou-se que, independentemente do peso do subcritério leis e normas, a alternativa escolhida pelo Especialista E2 permaneceu a mesma de quando o PML do subcritério apresentou o peso de 51,90%.

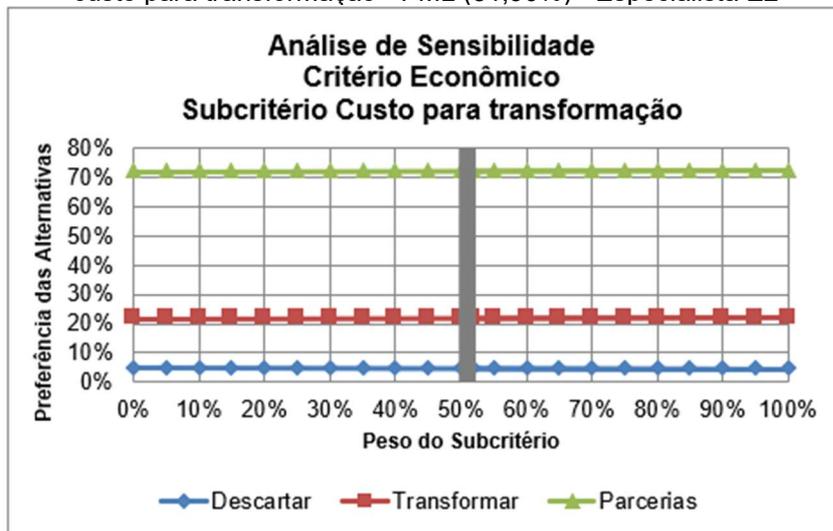
Figura 36: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério transformação - PML (51,90%) - Especialista E2



Fonte: Autor.

Ao observar-se os resultados da análise de sensibilidade para as alternativas frente ao subcritério técnico de transformação, conforme apresentado no diagrama da Figura 36, ficou evidente que a escolha da alternativa "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" permaneceu consistente, sem divergência em relação às demais alternativas. Portanto, independentemente do peso atribuído ao subcritério de transformação (PML máximo de 51,90%), a escolha da alternativa realizada pelo Especialista E2 permaneceu a mesma.

Figura 37: Análise de Sensibilidade das alternativas - subcritério custo para transformação - PML (51,90%) - Especialista E2



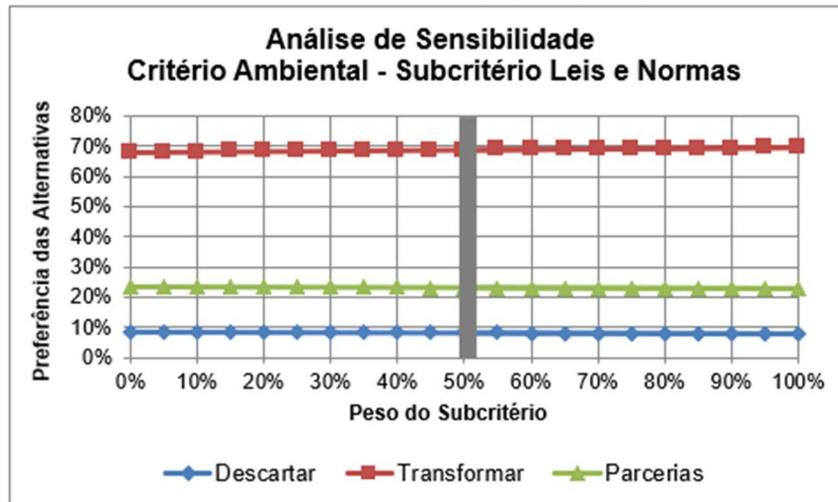
Fonte: Autor.

Observando os resultados apresentados no diagrama da Figura 37, verificou-se que, independentemente do peso atribuído ao subcritério econômico, a alternativa considerada mais importante não apresentou variações. Ou seja, na opinião do Especialista E2 frente ao subcritério de custo para transformação dos RCPF em agregados reciclados, a alternativa "Firmar parcerias com empresas e/ou associações que realizam o processamento e reciclagem dos RCPF" sempre foi predominante em relação às demais.

Como últimas análises individuais, apresentam-se a seguir as análises de sensibilidade elaboradas para as alternativas frente à opinião do Especialista E9. Deste modo, na Figura 38 apresenta-se a análise de sensibilidade do subcritério ambiental "leis e normas"; na Figura 39, a análise de sensibilidade para o subcritério técnico "transformação"; e na Figura 40, a análise de sensibilidade das alternativas

frente ao subcritério econômico "custo para transformar os RCPF em agregados reciclados".

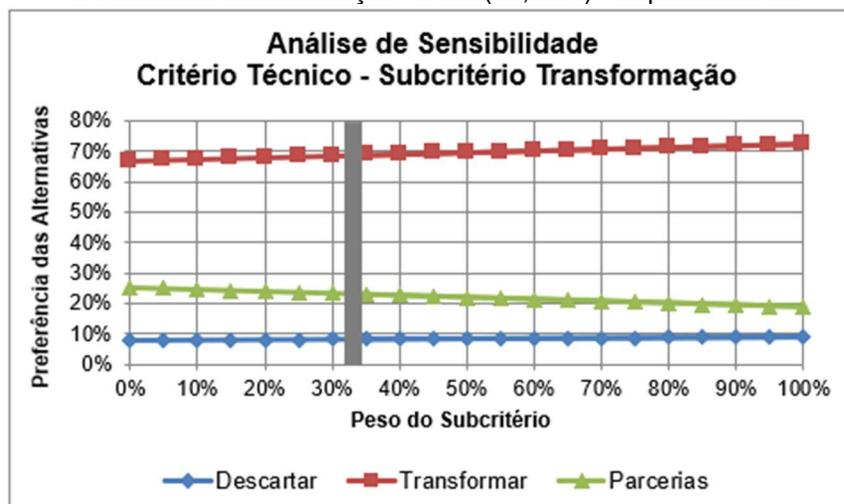
Figura 38: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério ambiental e subcritério leis e normas - PML (50,50%) - Especialista E9



Fonte: Autor.

Analisando o comportamento da análise de sensibilidade apresentada na Figura 38, percebeu-se que o peso do subcritério ambiental "leis e normas" não provocou alterações na opinião do Especialista E9. Verificou-se que a escolha da alternativa "Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" se manteve como principal, independentemente do peso do subcritério.

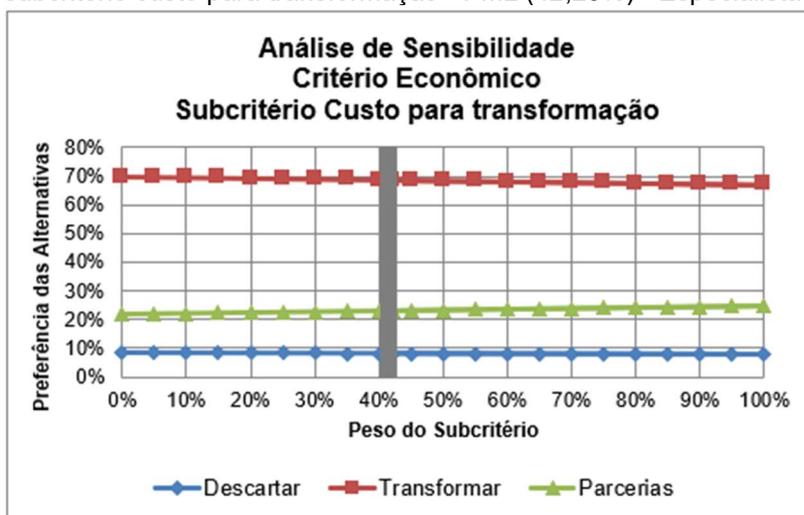
Figura 39: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério técnico e subcritério transformação - PML (33,58%) - Especialista E9



Fonte: Autor.

Observando o comportamento das alternativas frente ao subcritério técnico "transformação" (Figura 39), verificou-se uma pequena variação na preferência das alternativas. No entanto, observou-se que, no ponto em que o subcritério "transformação" atingiu sua PML máxima (33,58%), a alternativa "Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" apresentava uma Valoração Global de 68,63%.

Figura 40: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao critério econômico e subcritério custo para transformação - PML (42,25%) - Especialista E9



Fonte: Autor.

Analisando o subcritério econômico "custo para transformação dos RCPF em agregados reciclados", apresentado no diagrama da Figura 40, observa-se que este subcritério apresentou uma PML de 42,25%. Entretanto, notou-se que não houve alterações no comportamento das alternativas diante dos pesos do subcritério econômico. Com isso, verifica-se que o Especialista E9 se manteve firme em sua escolha ao longo das comparações par a par.

Fazendo uma rápida análise dos resultados obtidos nas análises de sensibilidade apresentadas anteriormente para os especialistas (E1, E2 e E9) observou-se que a variação nos pesos dos subcritérios, conforme descrito no item 5.5, não fez sentido para estes casos, pois não influenciaram significativamente na escolha final.

Em todas as análises, a alternativa com maior preferência se manteve acima das demais, comportamento constante, independentemente do peso dos subcritérios.

Assim, a simulação de cenários proposta não promoveu alterações significativas ao ponto de observar mudanças na escolha por parte dos especialistas (E1, E2 e E9).

5.6.2.1 Discussão da Análise de Sensibilidade

Fazendo-se uma análise geral da análise de sensibilidade elaborada para as alternativas que obtiveram o maior valor de PML, observou-se que em todas as situações, a alternativa escolhida apresentou alta prioridade desde o início da ponderação. Ou seja, a alternativa escolhida foi mantida como prioridade de escolha desde o subcritério ambiental, passando pelo técnico e encerrando no econômico. Com isso, entendeu-se que os especialistas se mantiveram firmes em suas convicções, e independentemente do subcritério pelo qual a alternativa estava sendo analisada, ela sempre foi a prioridade. Isso demonstrou o compromisso e a preferência dos especialistas sem destinar os RCPF para uma atividade distinta.

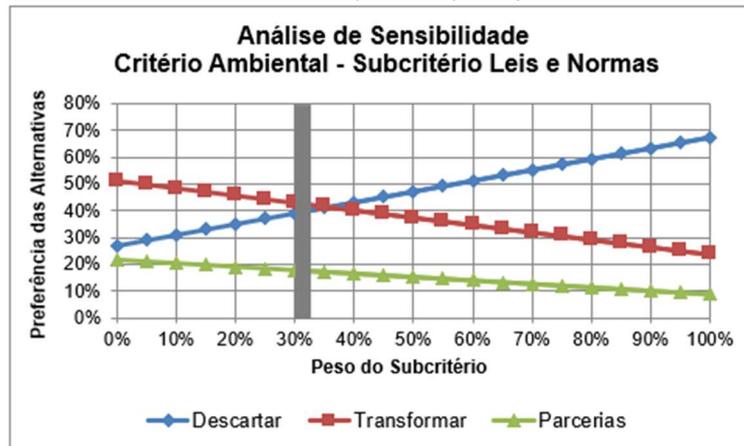
Segundo Rezaie *et al.* (2012), a baixa variação na análise de sensibilidade indicou que a decisão tomada é robusta. Isso significa que, mesmo com pequenas mudanças nos pesos dos critérios e subcritérios, a escolha do respondente permaneceu a mesma. Portanto, essa é uma característica positiva, pois demonstrou que a decisão é sólida e bem fundamentada (Vaidya; Kumar, 2006).

Com o objetivo de aprofundar os resultados da análise de sensibilidade e embasar a discussão dos resultados obtidos, foi selecionado um Especialista que apresentou grande variação na ponderação das alternativas em relação aos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos.

Para tanto, foi realizada uma análise de sensibilidade detalhada dos resultados obtidos pelo Especialista E7, que indicou a alternativa "Implantar na própria empresa uma central de processamento do RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" como a prioritária.

A seguir, nas Figuras 41, 42 e 43 apresentam-se as análises de sensibilidade para os subcritérios ambiental, técnico e econômico, respectivamente.

Figura 41: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério leis e normas - PML (31,29%) - Especialista E7

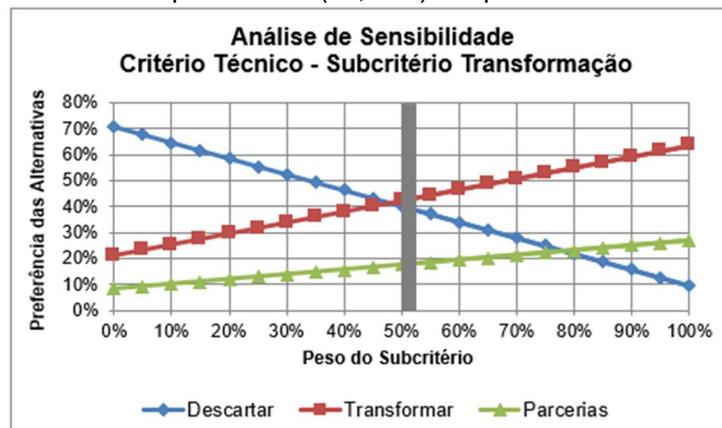


Fonte: Autor.

Analisando os resultados da análise de sensibilidade apresentados no diagrama da Figura 41, verificou-se grandes variações na opinião do Especialista E7 frente aos subcritérios ambientais.

Ao observar o ponto onde o subcritério "leis e normas" apresentou seu maior valor de PML (31,29%), identificou-se que foi onde a linha da alternativa prioritária apresentou seu maior valor de VG (42,65%). Portanto, identificou-se que nesta intersecção ocorreu a identificação da melhor alternativa frente ao subcritério ambiental. No entanto, observou-se que a escolha desta alternativa não se manteve constante, ou seja, próximo aos 40%, verificou-se que a alternativa com maior preferência passou a ser "Descartar os RCPF em aterros legalizados". Com isso, foi possível identificar que, caso o peso do subcritério fosse ligeiramente maior do que o valor obtido, a alternativa que apresentaria maior preferência mudaria.

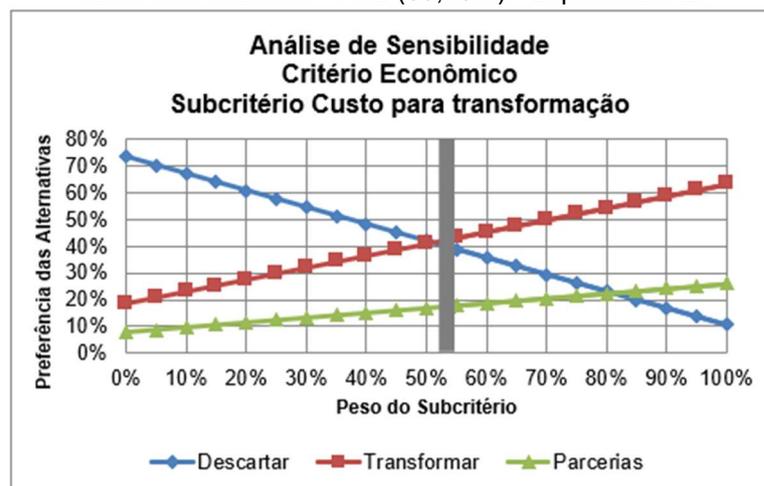
Figura 42: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério transporte - PML (50,80%) - Especialista E7



Fonte: Autor.

Observando os resultados obtidos para a análise de sensibilidade das alternativas frente ao subcritério técnico (Figura 42), foi possível verificar uma pequena diferença entre os valores de PML para o subcritério "transformação" e as alternativas "Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" e "Descartar os RCPF em aterros legalizados". Observou-se que, quando o subcritério técnico atingiu seu peso máximo de PML (50,80%), as alternativas "Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" e "Descartar os RCPF em aterros legalizados" apresentaram os seguintes valores de preferência: 42,65% e 39,72%, respectivamente. Além disso, observou-se que, a partir deste ponto, a alternativa selecionada como prioritária se mantém acima das demais.

Figura 43: Análise de Sensibilidade das alternativas frente ao subcritério custo com descarte - PML (53,70%) - Especialista E7



Fonte: Autor.

Analisando os resultados da análise de sensibilidade apresentados no diagrama da Figura 43, observou-se que o subcritério econômico "custo com descarte", que apresentou um valor de PML de 53,70%, teve grande importância para o Especialista E7. No ponto em que o peso do critério atingiu seu valor máximo, duas alternativas apresentavam valores de preferência bem semelhantes. No entanto, a alternativa "Implantar na própria empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-lo em agregados reciclados" apresentou uma maior preferência (42,65%) e se manteve acima das demais, segundo o Especialista E7. Observa-se também que, se o peso do subcritério econômico fosse inferior a 50%, a alternativa com maior valor de preferência seria "Descartar os RCPF em aterros legalizados".

5.7 AGREGAÇÃO DOS VALORES

O método AHP envolve a participação de vários especialistas, sendo que cada um pode fornecer julgamentos individuais distintos sobre as relações de importância entre os critérios e as alternativas disponíveis. Nesse contexto, a aplicação da Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ) nos resultados do método AHP visa sintetizar estes julgamentos individuais em um único conjunto de pesos consensual que represente, de forma coletiva, a opinião dos especialistas. Isso facilita a comparação e análise das diferentes alternativas, levando a uma decisão mais robusta e embasada.

Além disso, ao agrupar os resultados, torna-se possível identificar e corrigir inconsistências nos julgamentos individuais. Isso ocorre porque o método AIJ utiliza uma média geométrica ponderada para calcular os pesos agregados. Deste modo, apresenta-se a seguir os resultados obtidos por meio dos cálculos agregados, onde foram consideradas as opiniões dos treze especialistas e sintetizadas em um único resultado. Na Tabela 8 apresenta-se os resultados agrupados para a definição do critério principal e na Tabela 9 a análise de consistência do critério principal.

Tabela 8: Resultado agrupado – Critério principal

Especialistas	Critério Principal	Prioridade Média Local (PML) (%)
Agrupados	1º Ambiental	53,03
	2º Técnico	25,75
	3º Econômico	21,23

Fonte: Autor.

Tabela 9: Análise de Consistência dos critérios – Resultado agrupado

Especialistas	Índices para os critérios ambiental, técnico e econômico		
	λ_{max}	IC	RC (%)
Agrupados	3,07	0,03	5,99

Fonte: Autor.

Analisando-se os resultados da Tabela 8 foi possível verificar que a agregação dos valores não alterou a classificação do critério principal, ou seja, o critério ambiental permaneceu sendo o mais importante. Entretanto, a análise de consistência para os resultados agrupados, a qual é apresentada na Tabela 9, demonstrou uma performance diferente comparando com os resultados individuais. No resultado agrupado, a razão de consistência apresentou grande coerência (5,99%) indicando

alta robustez no resultado, diferentemente do que foi observado para os resultados individuais.

A Tabela 10 apresenta os resultados agregados para os subcritérios ambientais, técnicos e econômicos. Similarmente ao critério principal, a obtenção dos resultados agregados dos subcritérios envolveu o cálculo da média geométrica ponderada com base nas opiniões dos treze especialistas. A Tabela 11, por sua vez, apresenta os resultados das análises de consistência dos subcritérios agregados.

Tabela 10: Resultado agrupado dos subcritérios

Subcritério Ambiental		PML (%)	Subcritério Técnico		PML (%)	Subcritério Econômico		PML (%)
1º	Reciclagem	29,71	1º	Transformação	32,66	1º	Custo para Transformação	50,81
2º	Leis e Normas	29,56	2º	Aplicação	21,35	2º	Custo com o descarte	18,01
3º	Eficiência ambiental	23,91	3º	Identificação	21,01	3º	Mão de obra especializada	11,52
4º	Descarte	9,53	4º	Armazenamento	14,89	4º	Consumo da matéria prima	11,48
5º	Certificação	7,28	5º	Transporte	10,09	5º	Custo com o armazenamento	8,19

Fonte: Autor.

Tabela 11: Análise de consistência dos resultados agrupados - Subcritérios

Subcritério Ambiental			Subcritério Técnico			Subcritério Econômico		
λ_{max}	IC	RC (%)	λ_{max}	IC	RC (%)	λ_{max}	IC	RC (%)
5,083	0,020	1,842	5,173	0,043	3,865	5,014	0,003	0,305

Fonte: Autor.

Analisando os resultados da Tabela 11, observou-se que a agregação individual dos julgamentos não alterou a ordem de classificação dos subcritérios. No entanto, verificou-se uma redução nos valores da PML. Essa diminuição foi decorrente do método de cálculo utilizado na AIJ, a Média Geométrica Ponderada.

Considerando que os subcritérios que ocuparam a primeira posição no *ranking* foram escolhidos como prioridade pela maioria dos especialistas, alterações na classificação somente ocorreriam caso as escolhas dos especialistas tivessem sido mais diversificadas. Nesse cenário, a troca de posições seria possível, levando em consideração os valores de PML.

Analisando os valores da Razão de Consistência apresentados na Tabela 11, verificou-se que a agregação individual dos julgamentos resultou em matrizes mais robustas com respostas mais coerentes (todas abaixo de 10%). Conforme Dong e Cooper (2016), a agregação de julgamentos individuais possibilita corrigir

divergências entre as avaliações dos tomadores de decisão, levando à obtenção de resultados mais consistentes.

Na Tabela 12 apresenta-se os resultados agregados para as alternativas, classificando-as em um *ranking* com maior prioridade. Essa classificação foi obtida por meio da agregação dos pesos atribuídos pelos treze especialistas na etapa em que julgaram qual alternativa possui maior importância em relação aos subcritérios ambientais, técnicos e econômicos (perguntas 84 a 173 do questionário aplicado).

Tabela 12: Alternativa prioritária – Agregação dos valores

Especialistas	Alternativa	VG (%)
Agregados	1º Implantar uma central de processamento dos RCPF.	53,88
	2º Firmar parcerias com empresas recicladoras de RCPF.	30,42
	3º Descartar os RCPF em aterro legal.	15,58

Fonte: Autor.

Ao se analisar os resultados da Tabela 12, pode-se observar que não houve alteração na ordem de classificação das alternativas. Em outras palavras, a classificação final manteve a mesma ordem do *ranking* elaborado pelos treze especialistas. Dentre os especialistas, nove indicaram que a implantação de uma central de processamento dos RCPF e transformação em agregados reciclados seria a alternativa mais importante.

Já dois especialistas apresentaram resultados priorizando a celebração de parcerias com empresas ou associações que realizam o processamento dos RCPF e posterior transformação em agregados reciclados. Por fim, os resultados de outros dois especialistas indicaram que o descarte dos RCPF em aterros legalizados seria a alternativa mais importante.

Assim como ocorreu com os critérios e subcritérios, para as alternativas também foi observada uma diminuição nos valores da VG em decorrência do método de média geométrica ponderada utilizado na AHP. No entanto, destacou-se que a alternativa prioritária apresentou um valor de VG significativamente superior às demais, com diferenças de 23,46% e 37,80% em relação à segunda e terceira colocadas, respectivamente.

Portanto, evidenciou-se que a aplicação conjunta do método AHP e da AIJ para a obtenção de uma resposta única diante da opinião de um grupo de tomadores de

decisão somente apresentará variações quando a opinião do grupo for divergente a ponto de não haver uma alternativa com prioridade quase absoluta. Nesses casos, o método AHP indicou a alternativa com maior preferência e apresentou um valor médio de Valoração Global.

Nesta pesquisa, verificou-se que a alternativa priorizada foi selecionada como tal por nove dos treze especialistas (cerca de 70% dos participantes). Ou seja, mesmo aplicando a agregação individual dos valores, o *ranking* de preferência das alternativas não seria alterado, apenas haveria uma normalização nos valores da Valoração Global, como foi observado.

5.8 RESULTADOS GERAIS

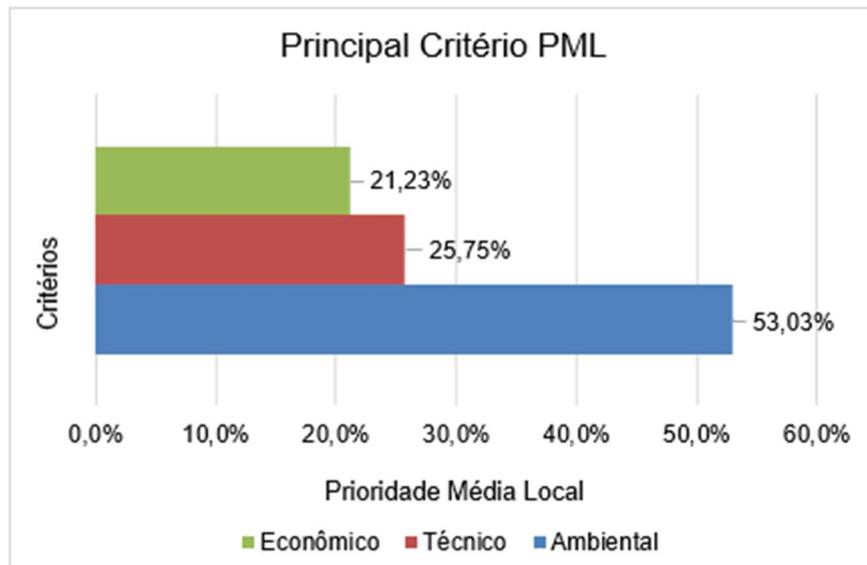
O método AHP permite que especialistas considerem diversos critérios e suas importâncias ao avaliar alternativas. Quando vários especialistas ponderam sobre os critérios e alternativas, eles podem fornecer julgamentos distintos, e a AIJ sintetiza esses julgamentos em um conjunto consensual de pesos, representando coletivamente a opinião dos especialistas. Isso facilita a comparação das alternativas e leva a uma decisão mais robusta.

Com base nisso, neste item serão apresentados os resultados gerais obtidos por meio da agregação dos valores, onde buscou-se condensar a opinião dos treze especialistas em uma única resposta para uma discussão mais profunda.

Apresentam-se a seguir os resultados obtidos por meio do agrupamento das respostas dos treze especialistas, proporcionando um panorama geral com os principais resultados. Isso inclui a identificação da melhor alternativa para destinação dos RCPF, bem como o critério que apresentou maior importância, segundo as opiniões dos especialistas.

Na Figura 44, apresenta-se o diagrama com o principal critério obtido por meio do agrupamento dos resultados.

Figura 44: Diagrama agregado para o principal critério com base na opinião dos treze especialistas



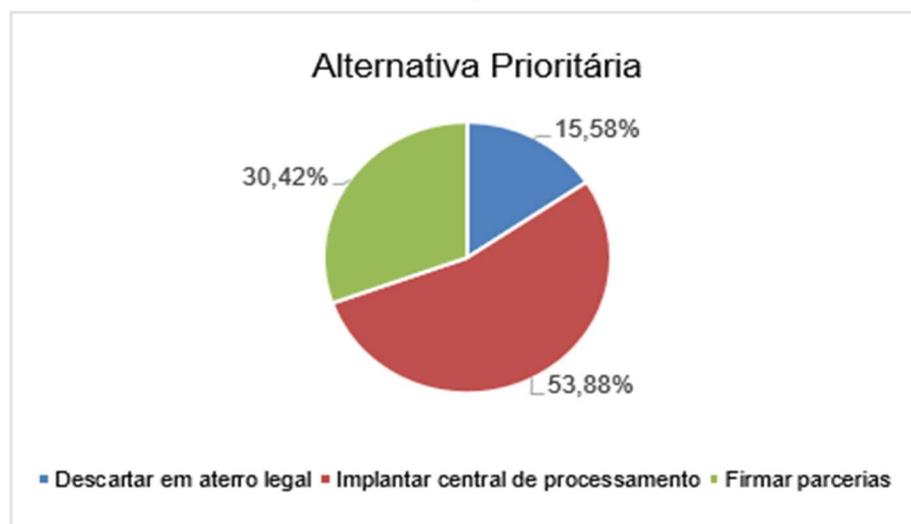
Fonte: Autor

Ao se analisar os resultados do diagrama "Principal Critério", apresentado na Figura 44, foi observado as prioridades atribuídas pelos especialistas aos critérios Ambiental, Técnico e Econômico. O critério Ambiental se destacou como uma das principais preocupações, sendo considerado o mais importante, com uma PML de 53,03%. Isso evidenciou a forte ênfase na consideração dos impactos ambientais associados às atividades de produção, descarte ou reutilização dos RCPF, corroborando com os estudos de Silva e Soares (2021) onde é argumentado que há uma conscientização crescente de que as questões sociais e econômicas sejam superadas por questões ambientais nas empresas da indústria da construção civil.

A alta prioridade atribuída ao critério Ambiental sinalizou o compromisso dos especialistas com a minimização dos impactos negativos dos RCPF no meio ambiente. De acordo com os autores Lu e Yuan (2013) a indústria da construção civil tem defendido cada vez mais o uso de pré-fabricação para minimizar o desperdício e, assim, mitigar os impactos ambientais negativos. Essa ênfase demonstrou também a consciência dos especialistas participantes da necessidade de promover práticas sustentáveis na gestão dos RCPF, alinhando-se aos princípios do desenvolvimento sustentável, que buscam conciliar o progresso social e econômico com a proteção ambiental.

Na Figura 45, apresenta-se o diagrama com o resultado agregado para a melhor alternativa, obtido por meio da média geométrica das treze opiniões dos especialistas.

Figura 45: Diagrama com a alternativa prioritária agregada para a destinação dos RCPF



Fonte: Autor.

Analisando-se os resultados da "Melhor Alternativa" (Figura 46), que apresentou os resultados do Índice de Valoração Global, os quais foram obtidos por meio da ponderação das opções de destinação dos RCPF pelas opiniões dos treze especialistas, verificou-se que a alternativa que apresentou maior importância foi a implantação de uma central de processamento dos RCPF para transformação em agregados reciclados (53,88%). Em segundo lugar, figurou a opção de firmar parcerias com empresas ou associações recicladoras que realizem a reciclagem dos RCPF (30,42%), seja por meio de centrais fixas ou móveis. Por fim, a alternativa menos preferida pelos especialistas foi o descarte dos RCPF em aterros legalizados (15,58%).

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que a média geométrica calculada mostra que, na opinião dos treze especialistas, a implantação de uma central de processamento dos RCPF representa a melhor solução para a gestão desses resíduos. Essa alternativa se destaca por apresentar diversas vantagens significativas em relação às demais, tais como um maior controle sobre o processo de manejo dos RCPF, já que a central de processamento permite um controle mais rigoroso de todas as etapas do manejo dos RCPF, desde a coleta até a

destinação final, reduzindo o risco de impactos ambientais e otimizando o processo como um todo. A redução dos custos com transporte e descarte em aterros também é um ponto relevante, segundo Bianchi (2020), representando a visão de futuro para uma construção mais industrializada e com planejamento de todos os sistemas que compõe o setor.

Logo, observou-se que o processamento dos RCPF e transformação em agregados reciclados poderá permitir a reutilização desses materiais na construção civil, o que poderá reverter na redução dos custos com transporte e descarte em aterros de resíduos inertes, contribuindo para melhorar a viabilidade econômica da gestão dos RCPF.

Além disso, a reutilização dos materiais é um objetivo fundamental na promoção da sustentabilidade. No caso específico, a implantação de uma central de processamento contribui para o aproveitamento dos resíduos e incentiva a reutilização de materiais, o que está alinhado com os princípios do desenvolvimento sustentável (Lopes *et al.*, 2023).

Portanto, o Índice VG serve como um indicador robusto para embasar essa conclusão, pois demonstrou a clara preferência dos especialistas pela alternativa de implantação de uma central de processamento dos RCPF, com um valor superior a 50% em todas as opções em que figurou em primeiro lugar.

Apresenta-se na Figura 46 o diagrama com os resultados obtidos para a identificação das principais causas geradoras de resíduos de concreto pré-fabricados, segundo a opinião dos treze especialistas, com base na pergunta número 17 do questionário aplicado.

Sete especialistas identificaram o processo de fabricação dos elementos de concreto pré-fabricado como causa prioritária na geração dos RCPF; quatro especialistas indicaram que os elementos reprovados no controle de qualidade são os principais geradores dos RCPF; um especialista identificou que a substituição parcial ou cancelamento de projetos propiciam a geração dos RCPF, e um Especialista identificou que erros de projeto e falhas de compatibilização é a principal fonte geradora de RCPF.

Figura 46: Diagrama para identificação das principais causas geradoras de RCPF



Fonte: Autor.

Analisando-se o diagrama de radar da Figura 47, observou-se que, segundo sete especialistas, a principal causa de geração dos RCPF estava relacionada ao processo de produção de elementos de concreto pré-fabricado. Conforme demonstrado no estudo piloto desta pesquisa, a etapa de produção de elementos de concreto foi uma fonte potencial geradora de RCPF. No caso de lajes alveolares, as cabeceiras (concreto do início e término das pistas) são descartadas durante o corte das lajes, devido à presença de falhas na concretagem nessas regiões (Sarti Junior; Bazílio; Serra, 2021).

Corroborando com essas informações, Chen *et al.* (2016) afirmaram que o processo de fabricação de elementos pré-fabricados precisa ser revisado e adaptado ao longo dos anos, com a implementação de equipamentos e tecnologias mais modernas que minimizem o desperdício de matéria-prima. Corroborando com isso, Araújo, Linhares e Assunção (2023), em seus estudos sobre o concreto pré-fabricado, defenderam a necessidade de pesquisas no Brasil com o objetivo de adaptar as tecnologias internacionais à realidade nacional.

Em segundo lugar, quatro especialistas indicaram os elementos reprovados no processo de controle de qualidade como os principais geradores dos RCPF.

Empresas com certificação de qualidade possuem procedimentos rigorosos para garantir a excelência dos produtos fabricados (Spadeto, 2011).

Nesta pesquisa, apenas dois especialistas mencionaram que a empresa em que atuam possuem certificação de qualidade. Isso indicou que o controle de qualidade, em conjunto com as certificações de qualidade, tem potencial para reduzir a geração dos RCPF. É importante salientar que um elemento só é considerado um RCPF quando não há possibilidade de reparo. Dessa forma, o controle de qualidade atua diretamente na identificação e caracterização dos RCPF.

Segundo o engenheiro civil Carlos Franco (ABCIC, 2015), o sucesso nos processos de pré-fabricação de elementos de concreto, desde a comercialização até a produção e montagem, depende da aplicação de um rigoroso controle de qualidade. O cumprimento dos parâmetros de qualidade estabelecidos pelas normas vigentes torna as estruturas pré-fabricadas e suas aplicações altamente competitivas, além de garantir obras mais sustentáveis do que os sistemas convencionais, como o concreto armado, por exemplo, o que implica em um menor impacto ambiental (ABCIC, 2015).

Outras causas prováveis foram os erros de projeto que podem ocasionar falhas de compatibilização e a necessidade de substituição parcial ou cancelamento de projetos aprovados, que foram identificadas por um Especialista para cada caso, como causas que podem ser consideradas como fontes geradoras de RCPF. A etapa de compatibilização de projetos se torna crucial para elementos pré-fabricados de concreto, pois estes apresentam pouca ou nenhuma possibilidade de alterações geométricas após a fabricação.

Conseqüentemente, a produção dos elementos pré-fabricados deve ocorrer apenas quando todos os projetos da obra, como os projetos elétrico, hidráulico, de esgoto e de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), estiverem compatibilizados com o projeto estrutural. De acordo com Souza de Passos e Lima (2021), a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* (BIM), na língua inglesa) tem sido utilizado também o setor de pré-fabricados de concreto e proporciona uma interação entre todos os projetos e processos da obra, e por meio da compatibilização de projetos torna possível evitar desperdícios de mão de obra e material.

Os elementos danificados durante a movimentação interna ou o transporte da fábrica para a obra não foram identificados por nenhum dos treze especialistas como

uma provável fonte geradora de RCPF. Essa situação pode ser justificada por alguns fatores:

- Movimentação interna: Nas fábricas de elementos pré-fabricados, é comum a utilização de equipamentos dedicados para a movimentação interna, como pontes rolantes e guindastes. Estes equipamentos garantem a movimentação segura e eficiente dos elementos, minimizando o risco de danos; e
- Transporte para a obra: Na maioria dos casos, o transporte dos elementos pré-fabricados para a obra é realizado em caminhões dedicados, especialmente projetados para transportar elementos de grande porte e peso. Estes caminhões possuem sistemas de amarração e fixação adequados, garantindo a segurança e integridade dos elementos durante o transporte.

Corroborando com essas informações, Rauch *et al.* (2015) afirmaram que é necessário contemplar todas as atividades inerentes ao processo de carregamento, montagem, transporte e elevação dos elementos pré-fabricados em seu planejamento. Tais estudos visam identificar e mitigar potenciais riscos de danos aos elementos, contribuindo para a redução da geração dos RCPF. É importante ressaltar que, mesmo com a utilização de equipamentos e procedimentos adequados, a movimentação e o transporte de elementos pré-fabricados podem apresentar riscos de danos.

Por isso, é fundamental que sejam adotadas medidas preventivas, como a inspeção cuidadosa dos elementos antes e após a movimentação, o treinamento adequado dos operadores dos equipamentos e a implementação de procedimentos rigorosos de controle de qualidade.

5.9 FLUXOGRAMA

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, diversas dificuldades foram enfrentadas devido ao tema principal, os RCPF, ser um tema emergente e possuir poucos estudos voltados para o processo de gerenciamento e tomada de decisão. Com isso, a falta de trabalhos disponíveis na literatura correlata demonstrou a importância de elaboração de uma tese de doutorado e de um procedimento padrão para a aplicação do método AHP.

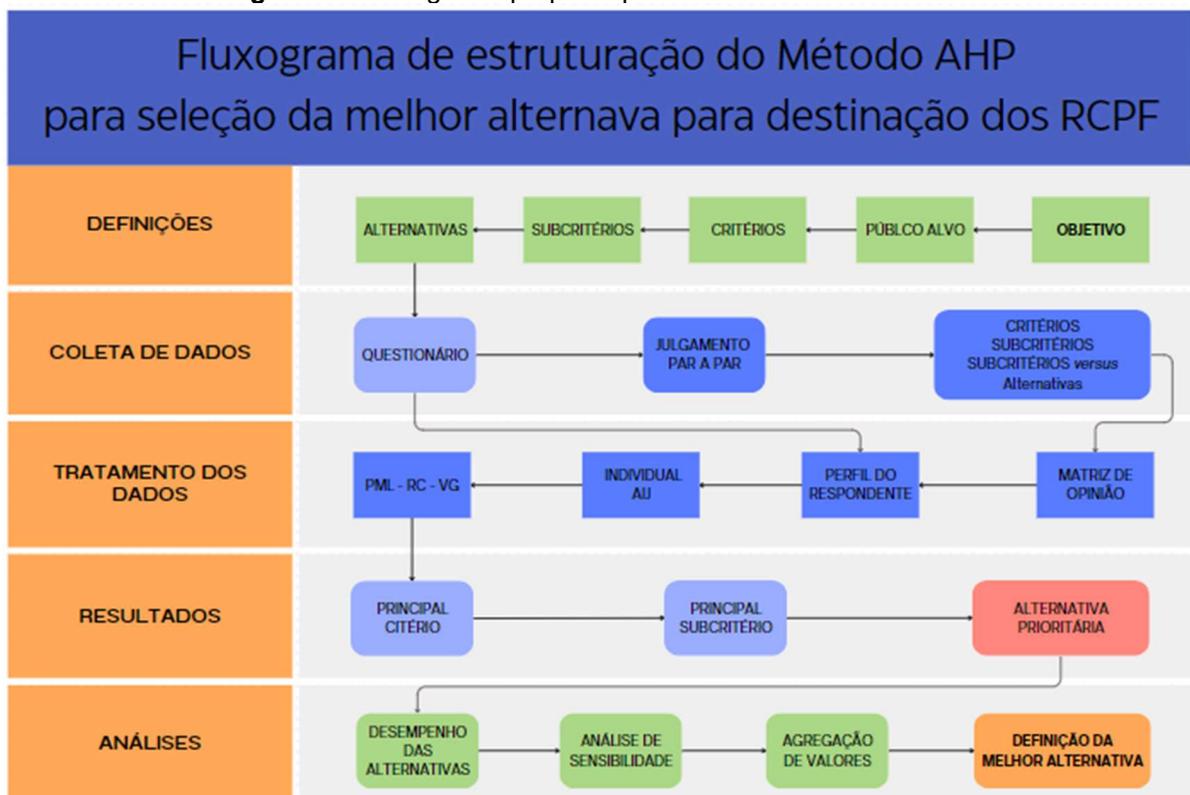
Portanto, atendendo a um dos objetivos desta pesquisa, foi elaborado um Fluxograma que sintetizou o processo de aplicação do método AHP, de forma

estruturada, semelhante ao que foi aplicado nesta pesquisa. Logo, a proposição da utilização desta ferramenta poderá auxiliar os tomadores de decisão que optarem por aplicar o método AHP para identificar a melhor alternativa para destinação dos RCPF.

Vale a pena ressaltar que o Fluxograma contempla diretrizes para nortear o tomador de decisão na estruturação do método AHP tradicional, idealizado por Saaty (1990). Dessa forma, todas as etapas poderão seguir as recomendações propostas por Saaty. Além disso, o Fluxograma proposto conta com uma explicação para cada etapa e item a serem considerados no método AHP, elaborado com base na experiência obtida na execução desta tese. Com isso, acredita-se que o uso desta ferramenta irá contribuir para o avanço do conhecimento no âmbito dos RCPF.

Apresenta-se a seguir, na Figura 47, o Fluxograma proposto para ser utilizado como suporte na etapa de estruturação do método de tomada de decisão AHP. Em seguida são descritas as etapas do fluxograma proposto de forma a auxiliar os tomadores de decisão.

Figura 47: Fluxograma proposto para estruturar o método AHP



Fonte: Autor.

➤ **Roteiro de boas práticas para utilização do método AHP, voltado para o gerenciamento dos resíduos de concreto pré-fabricado.**

Como mencionado anteriormente, o método AHP segue a proposta de Saaty (1990) de dividir a estrutura hierárquica em níveis. Para estruturar o método AHP de forma eficaz, algumas etapas são necessárias. A seguir, serão apresentadas e descritas brevemente as etapas a serem seguidas e algumas recomendações que tornarão a aplicação do método mais simples.

5.9.1 DEFINIÇÕES

Esta etapa envolve a clara identificação do problema a ser resolvido e dos objetivos da pesquisa. É importante definir o escopo do problema e os critérios que serão utilizados para poder avaliar as alternativas de destinação dos RCPF de uma forma generalizada.

5.9.1.1 Definição do objetivo

Nesta sub etapa deve ser definido o objetivo principal da aplicação do método AHP. O método AHP auxilia na escolha da melhor alternativa entre diversas soluções para um problema, considerando a subjetividade da opinião das pessoas. A definição do objetivo deve estar alinhada à necessidade identificada e ser clara, concisa e mensurável. Por exemplo, aplicar o método AHP para identificar a melhor alternativa para destinar os RCPF.

5.9.1.2 Definição do Público-Alvo

A definição do público-alvo ocorre após a definição do objetivo, permitindo identificar o grupo de pessoas que a pesquisa irá contemplar. Para tanto, deve-se levar em consideração o contexto que motivou a aplicação do método AHP em relação aos RCPF. No caso específico, os participantes podem ser considerados profissionais que atuam direta ou indiretamente em projetos, produção, controle de qualidade, gerenciamento e transporte de elementos pré-fabricados de concreto. Nesta etapa, é crucial considerar que, se o método for aplicado a várias pessoas, todas elas devem pertencer ao mesmo grupo. Por exemplo, selecionar especialistas na área de elementos de concreto pré-fabricados ou indivíduos da mesma classe, como engenheiros civis que atuam diretamente no processo de produção de elementos de

concreto pré-fabricados. Dessa forma, os resultados poderão ser utilizados tanto de forma individual quanto agregados. No entanto, para a agregação de dados, é fundamental que as amostras sejam provenientes do mesmo grupo. Sobretudo, é fundamental considerar como público-alvo pessoas que demonstrem interesse em colaborar e que possuam conhecimento sobre o assunto, a fim de que possam opinar de forma assertiva e eficaz.

5.9.1.3 Definição dos Critérios

No método AHP, os critérios são fatores relevantes que influenciam diretamente na tomada de decisão sobre um problema específico. Eles representam os aspectos essenciais a serem considerados na avaliação das alternativas. Portanto, a escolha criteriosa dos critérios é fundamental para o sucesso da aplicação do AHP, pois eles definirão a base para a comparação e priorização das alternativas. Para a definição dos critérios, é fortemente recomendada a realização de um estudo para identificar os fatores relevantes que estão relacionados ao objetivo principal. Nesta etapa, devem ser considerados os aspectos principais que exercem maior relevância sobre a situação. É importante ressaltar que, no âmbito da engenharia civil, a grande maioria das atividades é executada com base em normas e possui um orçamento a ser seguido. Além disso, o quesito sustentabilidade vem sendo cada vez mais cobrado tanto em projetos quanto em técnicas construtivas. Deste modo, sugere-se que os critérios sejam definidos por meio de levantamentos e estudos que irão proporcionar um embasamento na definição dos critérios.

5.9.1.4 Definição dos Subcritérios

A definição de subcritérios é necessária apenas quando os critérios se tornarem extremamente complexos, exigindo a divisão em itens que se relacionam ao mesmo contexto. Recomenda-se limitar a quantidade de subcritérios a, no máximo, cinco por critério, pois em comparações pares a par, especialmente com um grande número de alternativas, um número excessivo de alternativas pode sobrecarregar o participante e dificultar as comparações. Deste modo, os subcritérios poderão ser subáreas do critério, que especificam melhor um determinado assunto. Por exemplo, foi adotado nesta pesquisa: Critério Ambiental, subcritério Reciclagem.

5.9.1.5 Definição das Alternativas

A definição das alternativas pode, em muitos casos, ocorrer de forma simultânea à definição dos objetivos. No entanto, no método AHP, as alternativas devem ser dispostas no último nível da hierarquia. Ao conhecer o objetivo, é possível identificar as oportunidades que podem levar à satisfação da tomada de decisão. Nessa etapa, podem ser consideradas tanto alternativas existentes quanto opções viáveis para a situação em questão. Exemplo, uma empresa fabricante de elementos de concreto pré-fabricado deseja ampliar sua linha de produção e passar a produzir, além de elementos estruturais, artefatos de concreto com agregado reciclado. Nesse caso, o método AHP pode ser aplicado para identificar se, na opinião de um determinado grupo de acionistas, a ampliação seria uma alternativa prioritária. Recomenda-se disponibilizar mais de duas alternativas, pois assim o participante poderá encontrar uma resposta intermediária, caso duas das alternativas não o satisfaçam.

5.9.2 COLETA DE DADOS

Nesta etapa, devem ser definidas as formas de coleta de dados para alimentar a matriz de julgamentos. Seguindo as recomendações de Saaty (1990), a coleta de dados para o método AHP pode ser realizada por meio de julgamentos pares, onde cada tomador de decisão comparará dois itens e atribuirá um peso ao item que considerar mais importante.

5.9.2.1 Questionários

Os questionários são ferramentas utilizadas para a coleta de dados. Eles podem ser elaborados em formato físico ou digital. Atualmente, é possível criar questionários online, facilitando alcançar um número maior de participantes. Podem ser utilizadas ferramentas gratuitas como *Google Forms* ou *SurveyMonkey*.

É recomendável que o questionário seja iniciado com a apresentação dos Termos Legais que fundamentam a pesquisa, buscando atender os princípios éticos de pesquisa com seres humanos. É importante informar ao respondente sobre os riscos mínimos, se houver, aos quais ele estará sujeito ao participar da pesquisa. Em seguida, pode ser realizada a caracterização dos participantes por meio de perguntas estratégicas que auxiliarão na interpretação dos resultados.

O questionário deverá contemplar os julgamentos pares. A primeira etapa consiste na ponderação do critério de maior importância, seguida pela ponderação para identificar qual subcritério dentro de um critério específico possui maior importância. Por último, é realizada a ponderação da importância de cada alternativa em relação aos subcritérios.

Como mencionado, recomenda-se limitar o número de critérios, subcritérios e alternativas para evitar que o participante fique entediado e faça julgamentos inconsistentes. Sempre que possível, devem ser inclusos textos de apoio para auxiliar o participante na compreensão do que está sendo ponderado. O uso de imagens também é recomendado, pois podem ilustrar melhor o que se deseja avaliar, captar a atenção do respondente e tornar o processo mais agradável.

5.9.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados coletados podem ser organizados em tabelas, gráficos e diagramas para posterior análise e interpretação. Para tal, recomenda-se a utilização de planilhas eletrônicas, como o Excel, separadamente para cada tomador de decisão, sempre com cuidado para evitar a mistura dos dados. O uso de softwares estatísticos também podem ser úteis para a análise dos resultados.

5.9.3.1 Matriz de opinião

A matriz de opinião é o local onde serão inseridos os pesos atribuídos pelos respondentes. Portanto, ela deve ser estruturada de acordo com o número de itens que estão sendo avaliados. Por exemplo, se no método forem identificados três critérios, a matriz para inserir os pesos atribuídos aos julgamentos será uma matriz de ordem 3x3. Conforme a metodologia proposta por Saaty (1990), a diagonal da matriz sempre será composta por valores 1, e a opção menos preferida na comparação par a par receberá a recíproca do valor atribuído ao item com maior importância.

5.9.3.2 Perfil do respondente

A caracterização do perfil do respondente pode ser realizada no início da aplicação do questionário. Nesta etapa, é importante utilizar perguntas-chave que forneçam respostas úteis para a discussão dos resultados. Exemplos de perguntas relevantes incluem: área de formação, cargo que o respondente ocupa, tempo de

experiência e área de atuação. Não há uma regra rígida sobre quais perguntas devem ser feitas. O importante é que elas elucidam as informações que você deseja obter. Uma dica: se possível, utilize perguntas de múltipla escolha ou caixas de seleção para facilitar a resposta e tornar facilitado o processo de comparação dos resultados.

5.9.3.3 Tipos de tratamento

O tipo de tratamento dos dados coletados depende do tipo de análise que será realizada. As duas técnicas mais utilizadas são a análise individual e a agregação dos julgamentos individuais. Na análise individual, todos os cálculos propostos pelo método AHP são realizados considerando-se a opinião individual de cada especialista. Ao final, obtém-se um resultado para cada respondente. Já na técnica AIJ, os resultados individuais das matrizes de opinião são agrupados para formar uma única matriz que representará a opinião conjunta dos julgadores. Essa técnica é recomendada quando se busca um resultado único que reflita a opinião de um determinado grupo, pois é praticamente impossível chegar a uma conclusão precisa analisando os resultados individualmente

5.9.3.4 Índices a serem obtidos

Por meio dos cálculos do método AHP serão identificados os valores para os seguintes índices:

- Prioridade Média Local;
- Razão de Consistência; e
- Valoração Global.

Todos esses índices são expressos em porcentagens e estão relacionados à preferência que os julgadores atribuíram. A PML é o índice que indica a prioridade de preferência para o critério e subcritério. Já o Valor de RC está atrelado à robustez da matriz, ou seja, quão coerente foi a resposta dos tomadores de decisão. Por último, o VG é o índice que apresenta a alternativa com maior prioridade segundo a opinião dos julgadores. Todos esses itens são importantes, pois fundamentam o método e demonstram se a escolha foi feita de forma coerente. Nos casos de julgamentos individuais, é comum obter valores de RC acima do recomendado por Saaty (1990), cerca de 10%. No entanto, deve-se realizar análises complementares para embasar a tomada de decisão final.

5.9.4 RESULTADOS

Nesta etapa, devem ser apresentados os principais resultados para o critério, subcritério e alternativa com maior prioridade.

O critério e o subcritério principais serão identificados pelo índice PML. Para facilitar a interpretação, recomenda-se a classificação dos resultados em forma de *ranking* de posição. Assim, será possível determinar qual subcritério dentro de cada critério qual aquele que apresentou maior preferência. Por exemplo, na pesquisa realizada, para o critério ambiental, o subcritério com maior valor de PML foi a eficiência ambiental. Essas informações são relevantes para a discussão dos resultados, pois as porcentagens servirão para embasar argumentos e justificar comportamentos. Já a alternativa prioritária será identificada pelo índice VG, expresso em porcentagem, e estará associada ao critério e subcritério que apresentarem maior valor de PML.

Sugere-se que a discussão dos resultados seja realizada analisando o perfil do respondente em conjunto com a alternativa escolhida, pois é provável que o comportamento do respondente nos julgamentos seja semelhante ao que ele demonstra no dia a dia de trabalho.

5.9.5 ANÁLISES

O resultado final do método AHP pode ser obtido na etapa anterior. No entanto, é recomendável realizar análises mais aprofundadas para avaliar o comportamento geral do método e verificar se ele atendeu à proposta inicial.

5.9.5.1 Desempenho das alternativas

Para uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos para as alternativas, é realizada a avaliação do desempenho de cada alternativa em relação aos diferentes subcritérios considerados no processo de tomada de decisão. Para isso, sugere-se a elaboração de diagramas que apresentem graficamente o comportamento das alternativas frente aos subcritérios que apresentaram maior valor de PML. Com isso, será possível identificar os pontos fortes e fracos de cada alternativa, tornando a comparação entre elas mais intuitiva. O diagrama irá relacionar o comportamento de cada alternativa frente aos subcritérios atribuídos a um critério,

permitindo verificar se para o tomador de decisão o julgamento foi feito sem variações ou se ele apresentou dúvidas e variou suas respostas.

5.9.5.2 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade aplicada ao método AHP visa avaliar a robustez e confiabilidade dos resultados obtidos na tomada de decisão. Através dessa análise, é possível verificar como as decisões tomadas foram afetadas por mudanças nos pesos atribuídos aos critérios e subcritérios utilizados na avaliação das alternativas. Essa análise utiliza diagramas de sensibilidade que relacionam as alternativas com cada subcritério, permitindo observar o comportamento das alternativas em relação àquele subcritério.

Recomenda-se inserir no diagrama um marcador no ponto onde o subcritério apresentou o maior valor de PML. Ao analisar como as alternativas se comportam nesse ponto (agrupadas, próximas ou dispersas), será possível obter informações valiosas para a interpretação da melhor alternativa.

Outra forma de verificar a sensibilidade do método AHP pode ser atribuir pesos semelhantes aos critérios e subcritérios. Com isso será possível observar se a escolha do tomador de decisão foi pautada em uma prioridade bem maior para um subcritério que os demais.

5.9.5.3 Agregação de valores

Na agregação de valores, será possível visualizar o resultado único obtido por meio do agrupamento das respostas individuais. Essa alternativa pode ser utilizada quando se precisa avaliar uma determinada situação e precisa contar com a opinião de diversas pessoas. Assim como nas demais etapas do método AHP, é recomendado avaliar os valores de PML dos critérios e subcritérios, e o valor de VG das alternativas. De posse dos resultados individuais em forma de ranking, é possível compará-los com os resultados obtidos na agregação de valores e verificar se a agregação proporcionou alguma alteração.

5.9.5.4 Definição da melhor alternativa

A escolha da melhor alternativa será feita por meio da identificação da opção que apresentar o maior valor na VG. Nos casos de aplicação individual do método AHP, é recomendado organizar esses valores em forma de ranking e classificá-los de

acordo com suas porcentagens. Já para o caso de agrupamento individual dos julgamentos, poderá ser obtido um único resultado, dispensando a necessidade de ranking com outros valores. Portanto, após realizar as análises e verificar o comportamento dos resultados, será possível identificar a melhor alternativa que atenderá ao objetivo principal e determinar se essa escolha foi baseada em opiniões coerentes.

6. CONCLUSÕES

A prática de reciclagem de resíduos no âmbito da construção civil concentra-se, predominantemente, nos resíduos de construção civil e demolição (RCC), conforme apresentado e discutido no estado da arte desta pesquisa. Essa concentração gera um gargalo no segmento dos resíduos oriundos de elementos pré-fabricados de concreto (RCPF), motivando novas pesquisas para o desenvolvimento de práticas e ferramentas de gerenciamento dos RCPF e alternativas para sua destinação final.

6.1 QUANTO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Um dos objetivos desta pesquisa foi incentivar reflexões entre os tomadores de decisão da indústria de concreto pré-fabricado sobre as práticas de destinação dos RCPF. Por meio desta pesquisa, pretendeu-se destacar a importância crucial da destinação adequada dos RCPF, que deve ser amplamente explorada tanto no meio acadêmico quanto no empresarial.

No que diz respeito às fontes de geração de RCPF, verificou-se que a principal fonte geradora de resíduos na indústria de pré-fabricados é ao longo do processo de fabricação dos elementos de concreto. Portanto, é necessário adotar estratégias que minimizem a geração desses resíduos, incluindo boas práticas para garantir o controle de qualidade necessário e a implementação de novas tecnologias que assegurem um melhor aproveitamento dos recursos.

Ao longo da pesquisa, verificou-se que a destinação dos RCPF predominante adotada pelas empresas, que se limita ao descarte em aterros de materiais inertes legalizados, não contribui para a sustentabilidade. Surge, portanto, a oportunidade de promover a destinação dos RCPF por meio de atividades que incentivem a reciclagem e a reutilização desses materiais, transformando-os em agregados reciclados com potencial de reabsorção pelo setor da construção civil.

Alinhado com o tema desta pesquisa, o objetivo principal da aplicação do método AHP foi a seleção da alternativa mais vantajosa para a destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado. As alternativas de destinação foram estabelecidas

por meio de um levantamento abrangente, que incluiu desde a identificação da existência do RCPF até o manejo que a empresa realiza para este material. De modo geral, acredita-se que os objetos propostos nesta pesquisa foram cumpridos, pois o método AHP se mostrou viável para atingir o objetivo principal e eficaz na forma de aplicação. Com isso, considerou-se que o fluxograma proposto nesta pesquisa é aplicável para a estruturação do método AHP com o foco da tomada de decisão na destinação dos RCPF.

6.2 QUANTO À ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA

No contexto dos métodos de tomada de decisão aplicáveis aos RCPF, há uma ampla variedade de métodos multicritério disponíveis que podem auxiliar nesse processo. Com base em um levantamento de trabalhos na área correlata, observou-se que um dos métodos mais utilizados é o Método de Análise Hierárquica (AHP), que pode ser aplicado de forma individual ou em grupo.

Nesta pesquisa, foi aplicado um questionário online para coletar os dados dos participantes, estruturado de acordo com o método AHP. Esse método atendeu às necessidades do estudo e mostrou-se como uma ferramenta que pode ser utilizada por especialistas em futuras aplicações. A estrutura proposta para o questionário tornou-o dinâmico e interativo, além de proporcionar comodidade aos respondentes, permitindo que eles colaborassem com suas opiniões mesmo à distância.

Um dos principais objetivos desta pesquisa foi conscientizar os especialistas do setor de pré-fabricados e as empresas do segmento de que a forma tradicional de descarte dos RCPF não contribui para a reciclagem e a sustentabilidade. A falta de ações que promovam essas atividades leva as empresas a optarem pelo descarte em aterros certificados. Essa prática, embora amparada pelas leis, gera despesas para as empresas e não contribui para a diminuição do impacto ambiental do setor da construção civil.

Em síntese, concluiu-se que o método AHP permite sua aplicação de forma individual ou coletiva, e nesta pesquisa foram exploradas e comprovadas as vantagens de ambas as formas:

➤ **Aplicabilidade Individual:** o método AHP se mostrou eficaz para auxiliar um único tomador de decisão na análise de alternativas complexas. Através da estruturação hierárquica de critérios, subcritérios e alternativas, o indivíduo pode

ponderar de forma racional e estruturada as suas preferências, chegando a um resultado que reflete sua visão individual de forma clara e objetiva.

➤ **Aplicabilidade Coletiva:** o método AHP também se destacou como uma ferramenta capaz de auxiliar a tomada de decisão em grupo. Ao permitir a agregação das avaliações de diversos participantes, o método facilita o consenso e a construção de uma visão coletiva sobre a melhor alternativa, considerando as diferentes perspectivas e prioridades dos envolvidos.

Com isso, a aplicação do método AHP possibilitou aos especialistas a visualização das opções de destinação disponíveis e dos fatores que influenciam essas atividades. Alinhado ao propósito desta pesquisa, o estudo apresentou outras oportunidades de destinação dos RCPF além da forma tradicional de descarte em aterros de materiais inertes, abrindo caminho para novas alternativas de destinação e reaproveitamento do material.

Fazendo um paralelo com a realidade do Brasil, os tomadores de decisão podem ajustar o método de acordo com as alternativas disponíveis em sua região para destinação ou descarte dos RCPF.

6.3 QUANTO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS NO ÂMBITO DOS RCPF

Algumas ações podem ser tomadas para ampliar a conscientização dos agentes por meio de políticas públicas específicas. Como mencionado anteriormente, a Política Nacional de Economia Circular (PNEC) tem como objetivo principal implementar um modelo econômico sustentável no Brasil, reduzindo o impacto ambiental das atividades produtivas e promovendo o desenvolvimento social.

No âmbito dos resíduos sólidos, a PNEC contempla medidas como a redução da quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e incineradoras, a diminuição da poluição ambiental e dos impactos negativos à saúde pública, a promoção da geração de emprego e renda na área de gestão de resíduos, o estímulo à inovação tecnológica e ao desenvolvimento de novos negócios, e a contribuição para a conservação dos recursos naturais e para a construção de um futuro mais sustentável. A PNEC não prevê a concessão de subsídios diretos àqueles que cumprem seus requisitos, mas oferece benefícios indiretos para aqueles que aderirem aos seus princípios, tais como:

- Redução de custos com insumos e materiais: por meio da reutilização, reciclagem e reuso de materiais, as empresas podem diminuir seus gastos com a compra de novos produtos;
- Melhoria da imagem da empresa: as empresas que adotam práticas circulares podem ter uma imagem mais positiva junto aos consumidores, que valorizam cada vez mais a sustentabilidade;
- Contribuição para a sustentabilidade ambiental: ao reduzir a geração de resíduos e o consumo de recursos naturais, as empresas que aderem à PNEC contribuem para a proteção do meio ambiente e para a construção de um futuro mais sustentável.

Portanto, acredita-se que a PNEC é um passo importante para que o Brasil avance na gestão de resíduos e na transição para uma economia circular eficaz. Nesse sentido, as empresas geradoras dos RCPF poderão utilizar esta oportunidade para viabilizar a reciclagem dos RCPF, contribuindo para a sustentabilidade e agregando valor à empresa perante o mercado.

6.4 QUANTO À ALTERNATIVA ESCOLHIDA COMO MELHOR OPÇÃO DE DESTINAÇÃO DOS RCPF

No levantamento realizado na fase de estruturação desta pesquisa identificou-se que, atualmente, existe uma significativa limitação quanto à reciclagem e ao reaproveitamento dos RCPF, pois a forma mais comum de destinação desses resíduos é o descarte em aterros legais. Além disso, a busca por outras formas de destinação revelou a escassez de informações sobre empresas recicladoras especializadas no processamento dos RCPF. Diante desse cenário, além da possibilidade de descarte em aterros, outras alternativas propostas para a destinação dos RCPF foram:

- Implantação de uma central de processamento dentro das dependências da empresa: Essa alternativa oferece maior controle sobre o processo de destinação e a possibilidade de gerar valor a partir dos RCPF reciclado; e
- Firmar parcerias com empresas, consórcios e associações que realizem o processamento de resíduos em geral: Essa alternativa permite que a empresa se concentre em suas atividades principais e terceirize o processo de destinação dos RCPF.

A escolha da alternativa mais vantajosa foi realizada por meio do método AHP, que levou em consideração diversos critérios relevantes, como:

- Viabilidade técnica: A alternativa deve ser tecnicamente viável de ser implementada;
- Viabilidade econômica: A alternativa deve ser economicamente viável, considerando os custos de investimento, operação e manutenção; e
- Impacto ambiental: A alternativa deve ter o menor impacto ambiental possível.

Vale ressaltar que todas as alternativas propostas para destinação do RCPF são viáveis e devem ser cuidadosamente avaliadas, logo a escolha da melhor alternativa dependerá das necessidades específicas de cada empresa e dos critérios ponderados pelos tomadores de decisão.

Nesta pesquisa, foram apresentadas três alternativas para destinação do RCPF, uma que promove a reciclagem dos RCPF e a aplicação do agregado reciclado na fabricação de concreto reciclado; outra que sugere a celebração de parcerias com empresas que realizam o processamento dos RCPF e transformação em agregados reciclados; e uma que indica o descarte dos RCPF em aterros de materiais inertes legalizados.

A aplicação do método AHP possibilita que decisão informada e baseada em dados sobre a melhor forma de destinar os resíduos de concreto pré-fabricado seja tomada. A análise dos resultados obtidos nesta pesquisa revelou que, para o grupo de treze especialistas, a alternativa com maior prioridade é a implantação de uma central de processamento dos RCPF na empresa fabricante de pré-fabricados de concreto. Essa central permitiria o processamento dos RCPF e sua transformação em agregados reciclados. No Brasil, identifica-se uma carência de empresas do segmento que realizam o processo completo de processamento e transformação dos RCPF em agregados reciclados. Apesar disso, é possível adquirir no Brasil equipamentos fixos ou portáteis para o processamento desse tipo de resíduo. Esses equipamentos podem ser adquiridos junto a empresas nacionais que representam empresas internacionais fabricantes da tecnologia.

No entanto, cabe ressaltar que os custos para implantação de uma usina recicladora de RCPF é alto, pois além dos custos com as licenças de instalação e operação é necessário a aquisição de equipamentos específico, mão de obra qualificada e toda os custos administrativos e gerenciais que uma empresa requer.

Logo, entende-se que a alternativa escolhida como prioritária parte de uma vontade maior que um grupo de especialistas possuem frente aos aspectos ambientais e técnicos, pois os aspectos econômicos que incidem sobre esta atividade, na grande maioria das vezes, pode ser uma realidade somente para empresas de grande porte.

6.5 QUANTO À RECOMENDAÇÃO DE TRABALHOS FUTUTOS

Esta pesquisa pode servir como referência para trabalhos futuros, com isso incentiva-se a exploração do Método AHP em diferentes áreas e cenários de tomada de decisão no âmbito dos RCPF, buscando sempre aprimorar suas técnicas e ampliar sua abrangência.

Uma recomendação de continuidade desta pesquisa é por meio da aplicação de forma conjunta do método AHP com foco nas empresas fabricantes de elementos de concreto pré-fabricado. Cada fabricante ou um conjunto de empresas poderão coletar informações mais aprofundadas sobre as possibilidades de destinação dos RCPF no âmbito das suas atividades. Para isso, eles poderão aplicar o método AHP, juntamente com a agregação individual dos julgamentos, e contar com a colaboração de seus profissionais na avaliação dos critérios, subcritérios e alternativas. Por meio da agregação de julgamentos pelo método AIJ, a(s) empresa(s) poderá(ão) obter um único resultado que represente a visão dos seus profissionais.

O método AHP, da forma como foi proposto nesta pesquisa, serve como base sólida para o desenvolvimento de novas aplicações e estudos em diversos contextos. Incentiva-se a exploração do método em diferentes áreas e cenários de tomada de decisão, buscando sempre aprimorar suas técnicas e ampliar sua abrangência.

Uma característica importante do método multicritério é a possibilidade de ajustar sua aplicação de acordo com a necessidade identificada. Nesta pesquisa, o método AHP foi estruturado conforme as características pré-definidas na fase inicial do estudo, demonstrando ser uma ferramenta versátil que pode ser adaptada conforme a necessidade e a realidade do local de aplicação.

De forma geral, conclui-se que o método AHP se mostrou uma ferramenta eficaz e passível de ser aplicada para auxiliar na tomada de decisões sobre as possibilidades de destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, K.; LEPECH, M.; HAYMAKER, J. Selection and application of Choosing by Advantages on a corporate campus project. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC)*, 21., 2013, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2013.
- ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. São Paulo: Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC), 2002.
- AHADI, P.; FAKHRABADI, F.; POURSHAGHAGHY, A.; KOWSARY, F. Optimal site selection for a solar power plant in Iran via the Analytic Hierarchy Process (AHP), **Renewable Energy**, v. 215, 2023. ISSN 0960-1481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.118944>.
- AHMED, W.; LIM, C. W. Production of sustainable and structural fiber reinforced recycled aggregate concrete with improved fracture properties: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123832>.
- AKADIRI, P. O.; OLOMOLAIYE, P. O.; CHINYIO, E. A. Multi-Criteria Evaluation Model for the Selection of Sustainable Materials for Building Projects. **Automation in Construction**, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.004>.
- ALECRIM, A. R. **Desenvolvimento de aplicativo para identificação de resíduo de construção civil disposto inadequadamente em Goiânia-GO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, 2018.
- ALEXANDRIDOU, C.; ANGELOPOULOS, G. N.; COUTELIERIS, F. A. Mechanical and durability performance of concrete produced with recycled aggregates from Greek construction and demolition waste plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 745-757, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.081>.
- ALONSO, J.; LAMATA, M. Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, v. 14, p. 445-459, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0218488506004114>.
- ANSHUN. **Company**. Disponível em: <https://www.ascrusher.com/?mobile-crusher-plant/mobile-impact-crusher-plant.html>. Acesso em: 20 mai. 2024.
- ARAUJO, D. L.; LINHARES, G. G.; ASSUNÇÃO, M. V. Método de construção acelerada de pontes e viadutos: conceitos e aplicações. **Concreto e Construção**, v.112, n.112, p. 80-84, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2023.112.0006>.
- ARROYO, P.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Using 'Choosing by Advantages' to select ceiling tile from a global sustainable perspective. *In: Annual Conference of the International*

Group for Lean Construction (IGLC), 21., 2013, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2013. p. 309-318.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). **O selo de excelência ABCIC**. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2015**. Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9062**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116**: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Associados**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/associados>. Acesso em: 25 maio 2024.

BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, M. J.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N.; BROWN E. Reinventing construction: a route to higher productivity. **McKinsey Global Institute**, 2017.

BARROS, H. T. G. **Resíduos de Construção e Demolição**: Aspectos e Diretrizes. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BEHERA, M.; BHATTACHARYYA, S. K.; MINOCHA, A.; DEOLIYA, R.; MAITI, S. Recycled aggregate from construction and demolition waste and its use in concrete - a breakthrough

toward sustainability in the construction sector: a review. **Construction and Building Materials**, v. 68, p. 501-516, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. 2. ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2011. 390 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>.

BERNASCONI, M.; CHOIRAT, C.; SERI, R. Empirical properties of group preference aggregation methods employed in AHP: Theory and evidence. **European Journal of Operational Research**, v.232, n.3, p.584–592, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.06.014>.

BERTOLINI, M.; BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 5, p. 422-430, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.01.005>.

BIANCHI, M. L. Análise de custo horizontal e vertical. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 99, p. 82-88, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2020.99.0006>.

BOIX-COTS, D.; PARDO-BOSCH, F.; BLANCO, A.; AGUADO, A.; PUJADAS, P. A systematic review on MIVES: A sustainability-oriented multi-criteria decision-making method. **Building and Environment**, v. 223, p. 109515, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109515>.

BOZZINI, A. C.; SCHALCH, V. The SWOT matrix as analysis tool to subsidize the creating an intercity consortium on gestating and managing the Urban Solid Waste. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-17, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25643>.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, P. PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. **Operational Research**, v. 3, p. 477-490, 1984.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, Brasília, DF, p. 3, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama 307/2002, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002.

BRASIL. Congresso Nacional. Projeto de Lei nº 1874, de 2022. Dispõe sobre a Política Nacional de Economia Circular. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 9, 4 nov. 2022.

BRAVO, M.; BRITO, J.; PONTES, J.; EVANGELISTA, L. Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 59-74, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.012>.

BRITISH PRECAST. **Sustainability Matters**, 2019. Disponível em: <https://www.mpaprecast.org/Sustainability/Sustainability-Charter.aspx>. Acesso em: 25 maio 2024.

BRITISH PRECAST. **Sustainability Charter**, 2007. Disponível em: <https://www.mpaprecast.org/Sustainability/Sustainability-Charter.aspx>. Acesso em: 25 maio 2024.

BRITISH PRECAST. **Sustainability Charter: Requeriments**, 2022. Disponível em: <https://www.mpaprecast.org/Sustainability/Sustainability-Charter.aspx>. Acesso em: 15 fev. 2024.

BUTLER, A. M. **Uso de agregado reciclado de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CABRAL, A. E. B.; SCHALCH, V.; DAL MOLIN, D. C. C.; RIBEIRO, J. L. D.; RAVINDRARAJAH, R. S. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132009000400016>.

CAETANO, M. O.; FAGUNDES, A. B.; GOMES, L. P. Modelo de regressão linear para estimativa de geração de RCD em obras de alvenaria estrutural. **Ambiente Construído**, v.18, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000200256>.

CAIMEX. **Britadores**. Disponível em: <http://www.caimex.com.br/cacambas-britadoras-hartl>. Acesso em: 20 mai. 2024.

CARDOSO, T. C. **Propriedades físico-químicas, hidratação e reologia de cimentos ternários com reduzido teor de clínquer a partir de argila não calcinada e filer calcário**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Construção e Estrutura) –Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2020.

CARIUS, A. C.; DA ROSA, V. C. F.; CORRÊA, L. S.; DA ROSA, C. M. F.; TEIXEIRA, A. J. Módulo de elasticidade para o concreto: um estudo probabilístico envolvendo agregados convencionais e reciclados. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 14, n. 1, p 46-55, 2020. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/1800/846>. Acesso em: 24 jul. 2024

- CEBECI, U. Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced score card. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 5, p. 8900-8909, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.046>.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CHAN, W. T.; HU, H. Production scheduling for precast plants using a flow shop sequencing model. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 16, n. 3, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2002\)16:3\(165\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2002)16:3(165)).
- CHANG, D. Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 95, n. 3, p. 649–655, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2).
- CHAVES, L. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; VALMORBIDA, S. M. I.; DA ROSA, F. S. Sistemas de apoio à decisão: mapeamento e análise de conteúdo. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 12, n. 1, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5329/RECADM.2013002>.
- CHEN, J. H.; YANG, L. R.; TAI, H. W. Process reengineering and improvement for building precast production. **Automation in Construction**, v. 68, p. 249-258, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.015>.
- CHEN, L.; JIAQI, L.; QIANG, R.; QIAOMU, Z.; ZHENGWU, J. Durability of concrete coupled with life cycle assessment: Review and perspective. **Cement and Concrete Composites**, v. 139, n.7, p. 1-16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105041>.
- CHEN, W.; JIN, R.; XU, Y.; WANATOWSKI, D.; LI, B.; YAN, L.; PAN, Z.; YANG, Y. Using Recycled Aggregates as Sustainable Building Materials: A Review of the Scientific Literature. **Construction and Building Materials**, v. 218, p. 483-496, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.130>.
- CHENG, E. W. L.; LI, H. Application of ANP in process models: an example of strategic partnering. **Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 278-287, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.031>.
- CONCRETE CENTRE. **The concrete Industry Sustainability Performance Report**. 1st Report, 2009.
- CONTRERAS, M.; TEIXEIRA, S. R.; LUCAS, M. C.; LIMA, L. C. N.; CARDOSO, D. S. L.; SILVA, G. A. C.; GREGÓRIO, G. C.; DE SOUZA, A. E.; SANTOS, A. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-

study). **Construction Buildings Materials**, v. 123, p. 594-600, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>.

CÓRDOBA, R. E.; MARQUES, J. D. C.; SANTIAGO, C. D.; PUGLIESI, E.; SCHALCH, V. Alternative construction and demolition (C&D) waste characterization method proposal.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019179720>.

CORRÊA, B.C.; CURSINO, D.; SILVA, G. Viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem da construção civil na cidade de São José dos Campos SP. *In*: Congresso internacional de cooperação universidade indústria, 2019. **Anais [...]** Taubaté-SP, 2019.

CORINALDESI, V. Mechanical and Elastic Behaviour of Concretes Made of Recycled – Concrete Coarse Aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 24, p.1616-1620, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.031>.

COSTA, D. O.; SANTOS, M. D.; PEREIRA, D. A. M. O Processo de Compras de Insumos numa Indústria na Perspectiva do Método Analytic Hierarchy Processo (AHP). *In*: IX Simpósio de Engenharia de Produção, 2021. **Anais [...]**. Caruaru - PE: UNIFAVIP, 2021.

COSTA, H. G. **Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP**. Rio de Janeiro: Latec/ABEPRO, 2006.

CRISTO, A. F. I.; JUNIOR, N. I. F.; FREITAS, P. M.; PICCININ, Y. Parâmetros operacionais para implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil. **Anais... XXI Congresso Brasileiro de Custos**, 11., 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: UFPB, 2014.

COSTA, T. S. M. Desenvolvimento de aplicativo para uso na gestão de resíduos da construção civil: estudo de caso em Abaetetuba-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98406-98426, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-362>.

CRUZ JUNIOR, A. T.; CARVALHO, M. M. Obtenção da voz do consumidor: estudo de caso em um hotel ecológico. **Produção**, v. 13, n. 3, p. 8-100, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132003000300008>

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 685-697, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040129347>.

DI MARIA, A.; EYCKMANS, J.; VAN ACKER, K. Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. **Waste Management**, v. 7, n. 5, p. 3-21, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.028> .

DIREITINHO, R. M. L. C. **Modelo de gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC) apoiado pelo método Analytic Hierarchy Process (AHP)**. 2020. Tese (Doutorado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

DOS SANTOS PEREIRA, S. A.; BARROS, I. C.; SILVA JUNIOR, A. C.; DIAS, D. G.; MENDES, T. A. Análise de Desempenho do Mercado da Construção Civil nos anos de 2012 a 2016 utilizando Ciência de Dados. **Revista Tecnia**, v. 7, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56762/tecnica.v7i2.01>.

DONG, Q.; COOPER, O. A peer-to-peer dynamic adaptive consensus reaching model for the group AHP decision making. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 2, p. 521-530, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.09.016>.

DONIAK, I. L. O. **Cresce a demanda por pré-fabricados de concreto**. Disponível em: <https://construcompras.construmarket.com.br/blog/cresce-a-demanda-por-pre-fabricados-de-concreto>. Acesso em: 24 mai. 2024.

DUARTE, E. L.; ELMIR, J. C. J.; PITOL, A. P. As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação. **Revista Construindo**, v. 9, n. 1, 2017. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/5469>. Acesso em: 24 mai. 2024.

DURAN, X.; LENIHAN, H.; O'REGAN, B. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling and the case of Ireland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 46, n. 3, p. 302-320, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.08.003>.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

ELHAG, H.; GLASS, J.; GIBB, A. G. F.; CLARKE, M.; BUDGE, C.; BAILEY, G. Implementation of environmental improvements in a manufacturing context: a structured approach to the precast concrete industry. **International Journal of Environmental Technology and Management**, v. 8, n. 4, p. 369-384, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJETM.2008.017508>.

ENSSLIN, L.; MUSSI, C. C.; CHAVES, L. C.; DEMETRIO, S. N. It outsourcing management: the state-of-the-art recognition by a constructivist research process and bibliometrics. **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 12, n. 2, p. 371-392, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4301/S1807-17752015000200010>.

ESTOLANO, V.; VIEIRA FILHO, J.O.; GABRIEL, D.; ALENCAR, Y. Avaliação dos módulos de elasticidade estático e dinâmico de concretos produzidos com agregados reciclados

oriundos de resíduos de pré-fabricados de concreto. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, p. 1-13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0310>.

ETXEBERRIA, M.; MARI, A. R.; VAZQUEZ, E. Recycled aggregate concrete as structural material. **Materials and Structures**, v. 40, p. 529-541, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-006-9161-5>.

EUROPEAN. **Concrete platform**. Sustainable benefits of concrete structures. 2009. Disponível em:

https://www.theconcreteinitiative.eu/images/ECP_Documents/SustainableBenefitsConcreteStructures_EN.pdf. Acesso em: 27 maio. 2024.

FARIA, V. Brasil pode reciclar 98% dos resíduos da construção civil, mas só consegue dar conta de 21%. **Gazeta do povo**, 30 set. 2019. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/brasil-pode-reciclar-98-dos-residuos-da-construcao-civil-mas-so-consegue-dar-conta-de-21/>. Acesso em: 15 fev. 2024.

FERNANDES, A. V. B.; AMORIM, J. R. R. Concreto sustentável aplicado na construção civil. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, 2014.

FERNANDES, J. **Técnicas de Estudo e Pesquisa**. 6. ed. Goiânia: Kelps, 2002.

FIOL, F.; THOMAS, C.; MANSO, J. M.; LÓPEZ, I. Influence of precast concrete recycled aggregate on the durability of concrete physical processes. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10207348>.

FIOL, F.; THOMAS, C.; MANSO, J.M.; LÓPEZ, I. Transport mechanisms as indicators of the durability of precast recycled concrete. **Construction and Building Materials**, v. 269, p.1211263, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121263>.

FORMAN, E.; PENIWATI, K. Aggregating individual judgements and priorities with the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v.108, n.1, 1998 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00244-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0).

FRANQUETO, R.; DELPONTE, A. A.; FFRANQUETO, R. Identificação de resíduos gerados no processo produtivo de pré-moldados de concreto. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 653-667, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e12020667-681>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOBBO, P. H.; SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A. O Selo de Excelência ABCIC para os Pré-Fabricados de Concreto. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA PROJETO

PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 2., 2009, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: EESC/USP, 2009.

GOEPEL, K. D. Implementation of an online software tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 10, n.3, p. 469-487, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>.

GOMES, C. P.; LEITE, G. U.; SENA, R. W. R.; ANDRADE, E. M. G. Impacto ambiental e gerenciamento de resíduos sólidos advindos da construção civil no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista de Psicologia**, v. 15, n. 55, p.729–742, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v15i55.3108>.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; DE ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial**: enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2009.

GONÇALVES, G. H. V. **Cenários e sistema de apoio a gestão consorciada de resíduos da construção civil aplicados à UGRHI 12**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022.

GONÇALVES, G. H. V.; CASTRO, M. C. A. A. DE.; CASTRO, M. A. S. DE.; SCHALCH, V.; LEITE, W. C. DE A.; ROCHA, L. B. G. DA.; MARQUES NETO, J. DA C. Proposição e análise de viabilidade econômica de cenários para o gerenciamento de resíduos da construção civil por meio de consórcios intermunicipais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220255>.

GRANDZOL, J. R. Improving the faculty selection process in higher education: a case for the analytic hierarchy process. **IR Applications**, v. 6, 13 p., 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJMTM.2005.006499>

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. *In*: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2003, Ouro Preto. **Anais [...]**. Minas Gerais, 2003. p. 213-222.

HAIDER, H.; ALMARSHOD, S. Y.; ALSALEEM, S. S.; ALI, A. A. M.; ALINIZZI, M.; ALRESHEEDI, M. T.; SHAFIQUZZAMAN, M. Life cycle assessment of construction and demolition waste management in Riyadh, Saudi Arabia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 7382, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19127382>.

HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C.; CASARIN, A. N. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão-PR. **Revista Tecnológica**, p. 203-209, 2009. DOI: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8821>.

HARTL CRUSHER. **Company**. Disponível em: <https://m.hartl-crusher.com/pt/home/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

HEDRE, L. V. Quality of construction activity. **Economics**, v. 10, n. 3, p. 183-188, 2010. <https://www.upet.ro/annals/economics/pdf/2010/20100319.pdf>

HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attribute decision making, methods and applications. *In*: BECKMANN, M.; KRELLE, W. **Lecture notes in economics and mathematical systems**. New York: Springer-Verlang, 1981. v. 186. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.

IAN HOLTON, I.; GLASS, J.; PRICE, A. D. F. Managing for sustainability: findings from four company case studies in the UK precast concrete industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 2, p. 152-160, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2009.09.016>.

ISAIA, A.; RIZZATTI, E.; SANTOS DA SILVA, S.; ISAIA, G.; LÜBECK, A. eco friendly concrete for sustainable structures. **MIX Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 33-46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073>.

JIAN, S.; WU, B.; HU, N. Environmental impacts of three waste concrete recycling strategies for prefabricated components through comparative life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 328, n.3, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129463>.

JIN, R.; YUAN, H.; CHEN, Q. Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 175-188, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.029>.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; ER, B.; ARSLAN, V.; ARSLAN, A.; ATICI, M. Fresh ready mixed concrete waste in construction projects: a planning approach. **Procedia Engenharia**, v. 123, p. 268-275, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.088>.

KERN, A. P.; MORESCO, J. M., PIZONI, E., & GONZÁLEZ, M. A. S. Implantação de plantas de reciclagem de RCD: análise financeira, fatores de influência e o papel dos principais agentes. **Mix Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 79-92, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.79-92>.

K&B CRUSHERS. **Company**. Disponível em: <https://www.kandbcrushers.co.uk/crusher-hire/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

KOLOSENI, D.; HELLDIN, T.; TORRA, V. AHP-Like matrices and structures: absolute and relative preferences. **Mathematics**, v. 8, n. 5, p. 813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/math8050813>.

KRELL, A. J.; DE CASTRO E SOUZA, C. B. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 11, n. 2, p. 157–188, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i2.26872>.

KÜPFER, C.; BASTIEN-MASSE, M.; FIVET, C. Reuse of concrete components in new construction projects: critical review of 77 circular precedents. **Journal of Cleaner Production**, v. 383, p.135235, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135235>.

LAVAGNON, A. I.; DIALLO, A.; THUILLIER, D. The empirical relationship between success factors and dimensions: the perspectives of World Bank project supervisors and managers. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 4, n. 4, p. 711-719, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/17538371111164092>.

LEITE, M. B. **Avaliação do comportamento tensão-deformação de concretos reciclados submetidos à compressão axial e tração direta**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

LEOPARDI, M. T. **Metodologia de pesquisa na saúde**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2002.

LIMA, E. S.; COSTA, A. P. C. S. Improving asset management under a regulatory view. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 190, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106523>.

LIMA, R. S. Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. **Série de Publicações Temáticas do CREA-PR**, 2012.

LIMA, J. S.; GOMES, J. L. Concreto sustentável aplicado à construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 1, p. 31-47, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.2376>.

LINHARES, S. P.; FERREIRA, J. A.; RITTER, E. Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 3, n. 3, p. 176-194, 2007. https://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/5801

LINTZ, C. C.; JACINTO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; GACHET-BARBOSA, L. A. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n.2, p. 166-181, 2012.

<https://www.scielo.br/j/riem/a/dQWNJzXhYBZQJpMjnzCP3Yq/?format=pdf&lang=pt>.

LOCATELLI, I. P. V.; BERNARDINIS, M. A. P.; MORAES, M. A. Uma aproximação entre as políticas públicas de mobilidade urbana e os objetivos de desenvolvimento sustentável em Curitiba-PR. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 1, p. 16-29, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16850>.

LONGARAY, A. A.; BUCCO, G. Emprego da análise hierárquica de processos no desenvolvimento de sistema de apoio à decisão para seleção de fornecedores de materiais de informática: o caso da FAURG. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30, 2010, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: ABEPRO, 2010.

LOPES, D. P.; SANTOS, G. S.; MARCOMINI, L. H. B.; MELO, R. A.; PEDROSO, V. A. Reciclagem de resíduos da construção civil no Brasil. **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**, v. 9, n. 1, p. 926-940, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.51891/rease.v9i1.8320>.

LORENTZ, J. F. Multicriteria analysis applied to landslide susceptibility mapping. **Natural Hazards**, v. 3, p. 41-52, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2300-6>.

LOWEN, M. E.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 43-50, 2020. DOI:

[https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071504](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071504).

LUCENA, A. F. E.; DE MORI, L. M. Uso do Analytic Hierarchy Process (AHP) para hierarquização de métodos de mensuração do grau de aplicação da construção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 14, n. 4, p. 48-69, 2018. DOI:

<http://dx.doi.org/10.3895/gi.v14n4.7736>

LU, W.; YUAN, H. Investigating waste reduction potential in the upstream processes of offshore prefabrication construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 804-811, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.048>.

MAH C. M.; FUJIWARA T.; HO, C. S. Concrete waste management decision analysis based on life cycle assessment. **Chemical Engineering Transactions**, v. 56, n. 7, p. 25-30, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.3303/CET1756005>.

MAKUL, N.; FEDIUK, R.; AMRAN, M.; ZEYAD, A. M.; DE AZEVEDO, A. R.; KLYUEV, S.; VATIN, N.; KARELINA, M. Capacity to develop recycled aggregate concrete in South East Asia. **Buildings**, v.11, n. 6, 234, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings11060234>.

MÁQUINA SOLO. **Equipamentos**. Disponível em: <https://maquinasolo.com.br/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

MARQUES, E. **Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MARQUES NETO, J. C. **Estudo diagnóstico para gestão de resíduos de construção e demolição de São Carlos-SP**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Editora RiMa, 2005.

MARQUES NETO, J. C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MATT, D. T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO Companies. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 457-462, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.058>

MATTANA, A. J.; MEDEIROS, M. H. F. de.; SILVA, N. G. DA.; COSTA, M. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 63-79, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000400006>.

MAXIMILIANO, A. C. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Atlas, 2002.

MELO, A. V. S.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. Fatores críticos para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC da região nordeste do Brasil. **Ambiente Construído**, v. 13, n.3, p.99-115, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000300007>.

MELO, T. M. **Um modelo de gestão de resíduos sólidos: aplicação em indústria de artefatos e pré-moldados de concreto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2009.

MENDONÇA, F. C.; SOUZA JUNIOR, A. L.; FRANCISCO, M. Y. do N.; MAIA, L. M. S. Análise dos impactos na construção civil frente à pandemia da COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 101651-101665, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-467>.

MIARA, R. D. **Melhoria da gestão dos resíduos da construção civil através de aplicativo baseado em modelo BIM**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

MIRANDA, L. F. R.; ROCHA, T. M. S.; VOGT, V.; NETO, A. M. Inovações em uma usina móvel de reciclagem de RCD para a produção de agregados reciclados para pavimentação. In: SIMPÓSIO DE TRANSPORTES DO PARANÁ, 12., 2020, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2020.

MONTEIRO, C.; KARPINSKI, J. A.; KUHL, M. R.; MOROZINI, J. F. A gestão municipal de resíduos sólidos e as ações de sustentabilidade: um estudo realizado em um município do centro oeste do Paraná. **Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n.1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.001.AO010>

MOREIRA, K. A. W. **Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MORESCO, J. M. **Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

NICOLAU, M. F. **Estudo de viabilidade econômica com concepção de projeto de usina de reciclagem de RCC classe A para municípios de pequeno porte**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

NORBERTO, A. D. S.; LIMA, N. G. R. D.; ALMEIDA, A. J. G. A.; BARROS, V. H. O. Aplicação do E-KANBAN no transporte de resíduos da construção civil. **Revista Semiárido De Visu**, v. 9, n. 2, p. 143–158, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i2.223>.

NORO, G. B. Tomada de decisão em gestão de projetos: um estudo realizado no setor de construção civil. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 4, p. 71, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i4.395>.

OLIVEIRA, J. D.; PADOVA, A. C.; DALL AGNOL, J.; COSTA NETO, L. F.; SAGAZ, N. Comparação da sustentabilidade ambiental, econômica e social para execução de calçadas.

Mix Sustentável, v. 8, n. 5, p. 75-91, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n5.75-91>.

OLIVEIRA, V. C. H. C.; DAMINELI, B. L.; AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. Estratégias para a minimização da emissão de CO₂ de concretos. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 167–181, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400012>.

OLIVEIRA, V. H. M.; MARTINS, C. H. **AHP**: ferramenta multicritério para tomada de decisão – shopping centers. Curitiba: Appris, 2015.

OPRICOVIC, S. **Multicriteria Optimization in Civil Engineering**. Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Nova York, 2015.

PASCHOALIN FILHO, J. A., FRASSON, S. A., & CONTI, D. DE M. Economia Circular: estudo de casos múltiplos em usinas de reciclagem no manejo de resíduos da construção civil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 49, p. 136-157, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2019.49.136-157>.

PAULINO, R. S., LAZARI, C. H., MIRANDA, L. F. R., & VOGT, V. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 3, p. 83–97, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000300677>.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 708-716, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X16644680>.

PEREIRA, L. L.; DE AZEVEDO, B. F. O Impacto da pandemia na construção civil. **Boletim do Gerenciamento**, v. 20, n.20, p. 71-80, 2020. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/519>. Acesso em: 25 mai. 2024.

PORTO, S. Pré-moldados de concreto: soluções sustentáveis para obras habitacionais, esportivas e de infraestrutura. **Anais...** LII Congresso Brasileiro de Concreto - IBRACON, 59., 2010, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza, 2010.

PUPIN, N. S.; MILANI, A. P. S. Modelo de estimação da produção de agregados reciclados a partir da britagem dos resíduos da construção civil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.16, n.3, p.1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24857/rqsa.v16n3-006>.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. Synchronization of engineering, manufacturing and on-site installation in lean ETO-enterprises. **Procedia CIRP**, v. 37, p. 128-133, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.047>.

RESENDE, H.; REIS, E.; FERNANDES, F.; RODRIGUES, L.; ÂNGELO, F. Uso de resíduos de construção e demolição como agregado reciclado no concreto: uma breve revisão de literatura. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 20, n.3, p. 1-16, 2024. DOI: <http://doi.org/10.18265/1517-0306a2022id7086>.

REZAI, V.; AHMAD, T.; MAAN, N.; AWANG, S. R.; KHANMOHAMMADI, M. Ranking the multiple intelligences of people with epilepsy using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. **Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence**, v. 5, n. 2, p. 98-106, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4304/jetwi.5.2.98-106>.

REVILLA-CUESTA, V.; FIOL, F.; PERUMAL, P.; ORTEGA-LÓPEZ, V.; MANSO, J. Using recycled aggregate concrete at a precast-concrete plant: a multi-criteria company-oriented feasibility study. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, n.1, p. 133873, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133873>.

RM GROUP. **Company**. Disponível em: <https://www.rubblemaster.com/us/products/impact-crushers/rm-120x>. Acesso em: 20 mai. 2024.

ROBBINS, S. P. **Administração: mudanças e perspectivas**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Havard Business Review**, 1979.

ROSA, L. V.; CARVALHO, P. V.; HADDAD, A. N. FRAM-AHP: A resilience engineering approach for sustainable prevention. Arezes, P., et al. Occupational and Environmental Safety and Health II. **Studies in Systems, Decision and Control**, v. 277, p. 123-131, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_14.

ROSSATO, C. Z.; CARDOSO, W. M. *In*: Conferências mundiais sobre o direito ambiental. Santa Maria. **Anais [...]**. Rio Grande do Sul: FADISMA ENTREMENTES, 2014.

ROY, B. The outranking approach and the foundations of Electre methods. *In*: BANA e COSTA, C. **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Berlin: Springer, 1996.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

RUIZ, P. V., SANTOS, F. S., FONTANINI, P.S.P. Benefícios e dificuldades da certificação do selo de excelência ABCIC pela perspectiva dos gestores de qualidade. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018. 6 p.

RUSSO, R. F. S. M.; CAMANHO, R. Criteria in AHP: a systematic review of literature.

Procedia Computer Science, v. 55, p. 1123-1132, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders**: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world. 3rd. Pittsburgh: RWS Publications, 2012.

SAATY, T. L. Fundamentals of the Analytic Network Process: multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, p. 348-39, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0171-1>

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operation Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierachy Process. **European Journal of Operation Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

SAATY, T. L. How to make a decision: the Analytic Hierachy Process. **Infornis Journal on Applied Analytics**, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1287/inte.24.6.19>

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Sensitivity analysis in the Analytic Hierarchy Process. decision making with the Analytic Network Process. **International Series in Operations Research & Management Science**, v. 195, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7279-715>.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Sensitivity analysis in the Analytic Hierarchy Process. decision making with the Analytic Network Process. **International Series in Operations Research & Management Science**, v. 195, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7279-715>.

SACKS, R. Evaluation of economic impact of three-dimensional modeling in precast concrete engineering. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 18, n. 4, 2004. DOI:

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2004\)18:4\(301\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2004)18:4(301)).

SALAMA, W. Design of concrete buildings for disassembly: an explorative review.

International Journal of Sustainable Built Environment, v. 6, n. 2, p. 617-635, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.03.005>.

SALESA, A.; PÉREZ-BENEDICTO, J. A.; ESTEBAN, L.; VICENTE-VAS, R.; ORNA-

CARMONA, M. Physical-Mechanical properties of multi-recycled self-compacting concrete prepared with precast concrete tailings. **Construction and Building Materials**, v. 153, n.30, p. 364-373, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.087>.

SALESA, A.; PÉREZ-BENEDICTO, J. A.; ESTEBAN, L.; VICENTE-VAS, R.; ORNA-CARMONA, M. Physical-Mechanical properties of multi-recycled self-compacting concrete prepared with precast concrete tailings. **Construction and Building Materials**, v. 153, n.30, p. 364-373, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.087>.

SALESA, A.; PÉREZ-BENEDICTO, J. A.; COLORADO-ARAGUEN, D.; LOPEZ-JULIAN, P.

L.; ESTEBAN, L. M.; SANZ-BALDÚZ, L. J.; SOARES-HOSTALED, J. R.; OLIVARES, D.

Physico-mechanical properties of multi-recycled concrete from precast concrete industry.

Construction and Building Materials, v. 141, n.10, p. 248-255, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.058>.

SALESA, A.; ESTEBAN, L. M.; LOPEZ-JULIAN, P. L.; PÉREZ-BENEDICTO, J. A.; ACERO-

OLIETE, A.; PONS-RUIZ, A. Evaluation of characteristics and building applications of multi-

recycled concrete aggregates from precast concrete rejects. **Materials**, v. 15, n. 4, p. 248-255, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15165714>.

SALOMON, V. A. P. Analytic hierarchy process (AHP). In: MARINS, F. A. S.; PEREIRA, M. dos S.; BELDERRAIN, M. C. N.; URBINA, L. M. S. (org). **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios**: aplicações na indústria aeroespacial. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.

SANDROLINI, F.; FRANZONI, E. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research**, v. 31, n.3, p. 485-489, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00468-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00468-3).

SANTOS, J. A.; PARRA, D. F. **Metodologia Científica**. São Paulo: Futura, 1998.

SANTOS, M. D.; GOMES, C. F. S.; OLIVEIRA, A. S. Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil. In: Anais do XLVIII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Vitória. **Anais [...]**. Espírito Santo: SBPO, 2016.

SANTOS, M. D.; DE ARAÚJO, I. P.; GOMES, C. F. S. Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 13, n. 1, p.147-169, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i1.833>.

SANTOS, S. A.; DA SILVA, P. R.; DE BRITO, J. Durability evaluation of self-compacting concrete with recycled aggregates from the precast industry. **Magazine of Concrete Research**, v. 71, n. 24, p. 1-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1680/jmacr.18.00225>.

SARTI JUNIOR, L. A.; BAZÍLIO, L. F. B.; SERRA, S. M. B. Produção e geração de resíduos em elementos de concreto pré-fabricado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021.

SARTI JUNIOR, L. A.; SERRA, S. M. B.; BIOTTO, C. N. Gerenciamento de resíduos da construção civil com foco no resíduo de concreto pré-fabricado (RCPF): uma revisão sistemática de literatura. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 3, p. e3206, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n3-099>.

SAUD, A. M.; AL-GAHTANI, K. S.; ALSUGAIR, A. M. Exterior walls selection framework using Building Information Modeling (BIM). **Cogent Engineering**, v. 9, n. 1, p. 2088642, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2088642>.

SEALEY, B. J.; PHILLIPS, P. S.; HILL, G. J. Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 32, n. 3-4, p.321-331, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00069-6).

SERRA, S. M. B.; SOARES, C.; SARTI JUNIOR, L. A. Asset management of recycled concrete applications. In: TAM, V. W. Y.; SOOMRO, M.; EVANGELISTA, A. C. J. **Recycled Concrete Technologies and Performance**. United Kingdom: Elsevier, 2023. p. 339-363. Disponível em: <https://www.amazon.com/Recycled-Concrete-Technologies-Performance-Engineering/dp/0323852106>. Acesso em: 22 jan. 2023.

SILVA, D. A.; MELO, C. E. L. Agregado reciclado, uma fonte sustentável de matéria-prima: uma revisão. **Revista Principia**, v. 60, n. 2, p. 370-386, 2023. DOI: <http://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6033>.

SILVA, L. P.; MARQUES NETO, J. C. Study of the rate of generation of waste from construction in new works in the city of Ribeirão Preto-SP. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530X5236-20>.

SILVA, M. do S. V.; BATISTA, T. L.; CIRINO, M. A. G.; MORAIS, J. M. P.; SILVA, E. M.; BARBOZA, E. N.; OLIVEIRA, B. B. O perfil da mão de obra na indústria de construção civil em Juazeiro do Norte, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4423>.

SILVA, V. A. A. C.; POZNYAKOV, K. Controlando os impactos ambientais e sociais da construção civil através de medidas mitigadoras. **Boletim do Gerenciamento**, v. 14, n. 14, p. 30-39. 2020. Disponível em: <https://acesse.dev/HJ2CI>. Acesso em: 19 jun. 2024.

SILVA, W. P.; SOARES, M. A. Pesos relativos entre indicadores de sustentabilidade e custos de construção de estruturas pré-fabricadas em plantas industriais. **Conjecturas**, v. 21, n. 4, p.1-26. 2021. DOI: <https://doi.org/10.53660/CONJ-197-604>.

SOUZA DE PASSOS, P. R.; LIMA, I. M. O uso da plataforma BIM na compatibilização de projetos da construção civil. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. (2), p. 227-235, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v25i2.16448>.

SOUZA, F. F.; JÚNIOR, P. R. B.; FERREIRA, D. D. M.; FERREIRA, L. F. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA. **Navus-Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 5, n. 4, 2015. DOI: <https://doi.org/10.22279/navus.2015.v5n4.p78-95.251>.

SOUZA, M. A.; PEREIRA, A. C. C.; BANDEIRA, C. F.; ARAÚJO, J. A.; MONTORO, S. R. Proposta de criação de aplicativo para contribuir com a melhoria na gestão de resíduos

sólidos urbanos. **Cadernos UniFOA**, v. 17, n. 48, p. 33-43, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v17.n48.3851>.

SPADETO, T. F. **Industrialização na construção civil**: uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

STRAPASSAO, H.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A.; BECEGATO, V. R.; LAVNITCKI, L.; HENKES, J. A. Reciclagem de resíduos da construção civil no município de Lages, SC.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 1, p. 713-729, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019713-729>.

SUHR, J. **Basic Principles of Sound Decision Making**. 1981. 12 p.

SUHR, J. **The Choosing by Advantages**: decision making system. London: Quorum Books, 1999.

SUQUISAQUI, A. B. V. **Elaboração e aplicação de ferramenta para avaliação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros**. Estudo de caso: municípios de Araraquara (SP) e São Carlos (SP). 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

TAM, V. W. Y.; SOOMRO, M.; EVANGELISTA, A. C. J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000-2017). **Construction and Buildings Materials**, v. 172, p. 272-292, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>.

TAM, V. W. Y.; TAM, C. M. Economic comparison of recycling over-ordered fresh concrete: a case study approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n. 2, p. 208-218, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.12.005>.

TERRA, I.; VASCONCELLOS, A.; DA HORA, H.; ERTHAL, M. (2019). Aplicação do método AHP para escolha de linguagem para modelagem de processos de negócio. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 4, n.3861, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.21575/25254782>.

THOMAS, C.; CIMENTADA, A. I.; CANTERO, B.; SÁEZ DEL BOSQUE, I. F.; POLANCO, J. A. Low clinker precast elements using recycled aggregates. **Applied Sciences**, v. 10, n. 19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10196655>.

THOMAS, C.; POLANCO, J. Structural recycled aggregate concrete made with precast wastes. **Construction and Building Materials**, v. 114, n. 23, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.203>.

UPRETI, K.; KUSHWAH, V. S.; VATS, P.; ALAM, M. S.; SINGHAI, R.; JAIN, D.; & TIWARI, A. A SWOT analysis of integrating cognitive and non-cognitive learning strategies in education. **European Journal of Education**, v. 59, n.2, p.1-23, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1111/ejed.12614>.

ÜNAL, C.; GÜNER, M. G. Selection of ERP suppliers using AHP tools in the clothing industry. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 21, n. 4, p. 239-251, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/09556220910959990>.

VENKRBEC, V.; KLANSEK, U. Suitability of recycled concrete aggregates from precast panel buildings deconstructed at expired lifespan for structural use. **Cleaner Production**, v. 247, n. 3, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119593>.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications.

European Journal of Operational Research, v. 169, n. 1, p. 1-29, 2006. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>.

VANGEEM, M. Achieving sustainability with precast concrete. **PCI Journal**, v. 51, p. 42-61, 2006. DOI: <https://doi.org/10.15554/pcij.01012006.42.61>.

VENDRAMIM, J. M. C.; MARQUES NETO, J. da C.; SILVA, L. P. da; CÓRDOBA, R. E. Método de pré-dimensionamento de recipientes de armazenamento de resíduos da construção civil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1 - 8.

VENTURA, K. S. **Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho**: estudo de caso Santa Casa de São Carlos – SP. 2009. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

VIEIRA, L. D. P.; DE FIGUEIREDO, A. D. Evaluation of concrete recycling system efficiency for ready mix concrete plants. **Waste Management**, v. 56, p. 337-351, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.015>.

VIGODERIS, R. B. Simulation and mitigation of the carbon footprint from conventional construction materials and replacement with alternative materials. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 35-58, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-004>.

VOLPATO, G. L. **Método lógico para redação científica**. Botucatu: Best Writing, 2011. 320 p.

WAHI, N.; JOSEPH, C.; TAWIE, R.; IKAU, R. Critical review on construction waste control practices: legislative and waste management perspective. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 224, n. 15, p. 276-283, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.460>.

WANG, C.; LIU, M.; HSIANG, S.; LEMING, M. Causes and precast concrete slab production facility. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 6, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000475](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000475).

WANG, Z.; HU, H. Improved precast production scheduling model considering the whole supply chain. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 31, n. 4, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000667](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000667).

WEISHENG, L.; HONGPING Y. Investigating waste reduction potential in the upstream processes of offshore prefabrication construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 804-811, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.048>.

WOLFF, C. S. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação**. 2008. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Industrial) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

WONG, J. K. W.; LI, H. Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems. **Building and Environment**, v. 43, n. 1, p. 108-125, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.019>.

XUAN, D.; POON, C. S.; ZHENG, W. Management and sustainable utilization of processing wastes from ready-mixed concrete plants in construction: a review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 238-247, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.007>.

YASUHIRO, D. Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System. **Journal of Advanced Concrete Technology**, v. 5, n.1, p. 27-42, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3151/jact.5.27>.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YU, W.; ROY, B. **ELECTRE-TRI. Aspects méthodologiques et manuel d'utilisation**. Document n° 74, version 1.0. Paris: Université de Paris Dauphine, 1992. 80 p.

YUAN, H. A. SWOT analysis of successful construction waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 1-8, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.016>.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 18, n. 3, p. 338-353, 1965. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).

ZARDAK, G.; MOHAGHEGH, M.; TAVASSOLI, S. H. A comprehensive AHP-GDM-DEA approach for facility location selection under multiple criteria. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 22, p. 6659-6682, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJEM-09-2014-0123>.

ZEGA, C. J.; DI MAIO, Á. A. Use of recycled fine aggregate in concretes with durable requirements. **Waste Management**, v. 31, p. 2336-2340, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.06.011>.

ZEULE, L. O. **Protocolo para selecionar alternativas de produto para instalações provisórias de canteiro de obras**. 2018. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

ZEULE, L. O.; SERRA, S. M. B. A sustentabilidade aplicada aos pré-moldados de concreto. **Revista Industrializar**, 2015. Disponível em: <https://industrializaremconcreto.com.br/Edicoes/Exibir/a-sustentabilidade-aplicada-aos-pre-moldados-de-concreto>. Acesso em 24 mai. 2024.

ZEULE, L. O.; SERRA, S. M. B. Tecnologias sustentáveis aplicadas aos pré-moldados de concreto. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA- PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 3., 2013, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: EESC/USP, 2013. 13 p.

APÊNDICE A - Entrevistas

Apresenta-se a seguir as entrevistas realizadas: (1) com o Gerente do setor de qualidade de uma empresa fabricante de elementos pré-fabricados de concreto; (2) com o Diretor Técnico de uma empresa recicladora de resíduos da construção civil e demolição (RCC).

(1) Perfil do entrevistado: Engenheiro Civil de formação, há cinco anos ocupa o cargo de gerente do setor da qualidade da empresa, mas já atuou no departamento de projetos por dois anos. Possui grande experiência com pré-fabricados e em 2018 concluiu uma Pós-graduação em gerenciamento de projetos.

Caracterização da empresa. Empresa de grande porte do ramo fabricante de elementos de concreto pré-fabricado, localizada no interior do estado de São Paulo, com aproximadamente 65 anos de atuação no mercado.

1. A empresa fabricante possui algum tipo de selo de certificação?

Sim, o de qualidade da ISO NBR 9001:2008.

2. Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação?

O departamento de controle de qualidade atua desde a elaboração dos projetos até a entrega final e instalação dos elementos, assim, temos uma grade área de atuação. Nosso trabalho é evitar perdas e hoje temos pouquíssimos casos com ocorrências de geração de resíduos. Quando ocorre alguma avaria no elemento, e o mesmo tem que ser descartado, a empresa o deposita em um local reservado no pátio e o que tem se feito é vender como entulho mesmo, para empresas que utilizam em locais apropriados.

3. Quando ocorre este descarte, a empresa possui algum procedimento definido pra tomar esta decisão?

Não possui, o pessoal da logística que fica responsável por guardar e descartar.

4. Você acha que seria interessante a empresa ter um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?

Sim, até mesmo porque pode auxiliar tanto o pessoal da qualidade como o da logística na hora de tomar as decisões.

5. A empresa possui algum departamento especializado em pesquisas?

Não, as pesquisas que temos em andamento são de parcerias realizadas com estudantes, especialistas e pesquisadores.

6. Atualmente existe alguma pesquisa em andamento sobre concreto reciclado?

Não temos.

7. A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?

Sim, inclusive temos certificado ambiental.

8. A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados na sua linha de fabricação?

Até gostaríamos, mas como temos que seguir as normas nacionais, não podemos utilizar agregado reciclado na produção pois a norma limita a resistência do concreto somente até 20 MPa.

(2) Perfil do entrevistado: Engenheiro Civil, com mais de 15 anos de experiência em projetos e obras. Atualmente é diretor técnico de uma empresa recicladora de resíduos da construção civil e demolição (RCC)

Caracterização da empresa: Empresa credenciada pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) e especializada no processamento de RCC, sediada em Descalvado, interior de São Paulo.

1. Na sua opinião, as usinas de processamento de RCC possuem capacidade para processar o RCPF?

Segundo o Diretor técnico, a planta de processamento de RCC não está apta a receber RCPF devido à sua capacidade limitada para processar resíduos de pequeno porte. O diretor técnico da empresa reforçou essa limitação, destacando que a resistência dos materiais processados na planta é inferior à do concreto pré-fabricado. As unidades de processamento da empresa em que ele é Diretor geralmente trabalham com materiais como alvenarias de vedação, contrapisos, argamassas, restos de porcelana e louças, que apresentam menor resistência. Processar o concreto pré-fabricado, com resistência de 50 MPa, poderia gerar maior desgaste nos equipamentos e possíveis falhas, principalmente no moinho principal.

2. Você tem conhecimento de alguma central de processamento de RCC que realiza o processamento de RCPF?

O Diretor mencionou que algumas empresas realizam apenas a britagem de elementos pré-fabricados de concreto, como postes descartados por empresas de energia. Os fragmentos de concreto são utilizados em gabiões e bases de estradas, enquanto o aço é vendido como sucata. No entanto, essa prática é considerada irregular, pois não há controle de qualidade durante o processo.

3. Você tem conhecimento de empresas que comercializam os equipamentos para processamento de RCPF?

O Engenheiro Civil, com base em sua experiência, indicou que os equipamentos necessários seriam semelhantes aos utilizados em mineradoras de pedra britada, como jazidas de basalto. Essas empresas operam com equipamentos de grande porte capazes de processar o RCPF. Além das mineradoras, o diretor técnico mencionou que sabe da existência destes equipamentos apenas por meio empresas internacionais que expõem seus catálogos em feiras do segmento de reciclagem de RCC e que possuem equipamentos com capacidade para processar o RCPF.

APÊNDICE B – Instruções para responder o questionário

Questionário - Destinação do resíduo de concreto pré- fabricado (RCPF): aplicação do método AHP para auxiliar na tomada de decisão.

Este questionário faz parte de uma pesquisa de Doutorado em Engenharia Civil que tem como objetivo principal propor a aplicação do método AHP como ferramenta de apoio à tomada de decisão, visando identificar a melhor alternativa para a destinação dos resíduos de concreto pré-fabricado. A seguir, serão apresentadas as instruções necessárias para responder ao questionário.

Primeira etapa: Nesta etapa, é apresentado o objetivo da pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). É importante que você leia atentamente o TCLE e, caso esteja de acordo, clique na opção SIM para seguir para a próxima fase. Se você não estiver de acordo, selecione a opção NÃO e siga para a etapa final, que consiste no encerramento de sua participação e no agradecimento.

Segunda etapa: Nesta etapa, você fornecerá as informações necessárias para caracterizar o perfil do respondente, incluindo seu nome, e-mail, dados relativos à sua formação, área de atuação e tempo de atuação. Além disso, você informará alguns dados sobre a empresa em que trabalha, como o porte, número de funcionários, estado onde está instalada e tipo de segmento.

Terceira etapa: Nesta etapa, você responderá ao questionário na estrutura de preferências do método AHP, onde é realizada a comparação par a par para determinar o critério de maior importância. Portanto, você deve expressar sua opinião sobre qual critério é mais importante, atribuindo um peso utilizando a escala de 1 a 9, sendo 1 para menor importância e 9 para extrema importância. Os critérios que serão avaliados são:

- ❖ **Ambientais;**
- ❖ **Técnicos; e**
- ❖ **Econômicos.**

Dessa forma, o questionário apresentará duas opções de critérios, e você deverá selecionar o critério que considerar mais importante em relação à destinação final dos RCPF, atribuindo uma nota (nível de importância) ao critério selecionado em comparação ao critério não selecionado anteriormente. Para os critérios, você realizará três comparações. Ao final, você será direcionado para a próxima etapa do questionário.

Quarta etapa: Nesta etapa, você responderá ao questionário na estrutura de preferências do método AHP, onde é realizada a comparação par a par para determinar o subcritério de um critério que possui maior importância. Portanto, você deve expressar sua opinião sobre qual subcritério é mais importante, atribuindo um peso utilizando a escala de 1 a 9, sendo 1 para menor importância e 9 para extrema importância. Os subcritérios que serão avaliados são:

- ❖ **Subcritérios Ambientais:** Reciclagem, Eficiência ambiental, Leis e Normas, Descarte e Certificação;
- ❖ **Subcritérios Técnicos:** Transformação, Aplicação, Armazenamento, Identificação e Transporte; e
- ❖ **Subcritérios Econômicos:** Custo para Transformação, Consumo da matéria prima, Custo com o armazenamento, Custo com o descarte e Mão de obra especializada.

Dessa forma, o questionário apresentará duas opções de subcritérios, e você deverá selecionar o subcritério que considerar mais importante em relação à destinação final dos RCPF, atribuindo uma nota (nível de importância) ao subcritério selecionado em comparação ao subcritério não selecionado anteriormente.

Para cada Critério Principal (Ambiental, Técnico e Econômico), você realizará dez comparações. Ao final das trinta comparações, você será direcionado para a próxima etapa do questionário.

Quinta etapa: Nesta etapa final, você responderá ao questionário na estrutura de preferências do método AHP, onde é realizada a comparação par a par para determinar a alternativa que possui maior importância. Portanto, você deve expressar sua opinião sobre qual alternativa é mais importante em relação a um subcritério, atribuindo um peso utilizando a escala de 1 a 9, sendo 1 para menor importância e 9 para extrema importância. As alternativas pré-definidas para esta pesquisa são:

- ❖ Descartar os resíduos de concreto pré-fabricado em aterros de materiais inertes legalizados;
- ❖ Implantar na empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-los em agregados reciclados para consumo ou venda; e
- ❖ Firmar parcerias com associações recicladoras ou empresas que realizam o processamento completo dos RCPF.

Dessa forma, o questionário apresentará duas opções de alternativas em relação a um subcritério, e você deverá selecionar a alternativa que considerar mais importante no contexto da destinação final dos RCPF. Em seguida, você atribuirá uma nota (nível de importância) à alternativa selecionada em comparação com a alternativa não selecionada anteriormente. Para isso, você realizará três julgamentos para cada subcritério, sendo estes:

- ❖ **Subcritérios Ambientais:** Reciclagem, Eficiência ambiental, Leis e Normas, Descarte e Certificação;
- ❖ **Subcritérios Técnicos:** Transformação, Aplicação, Armazenamento, Identificação e Transporte; e
- ❖ **Subcritérios Econômicos:** Custo para Transformação, Consumo da matéria prima, Custo com o armazenamento, Custo com o descarte e Mão de obra especializada.

Para cada alternativa, você realizará quinze comparações (3 julgamentos par a par em relação a 5 subcritérios). Ao final das quarenta e cinco comparações, você será direcionado para a etapa final do questionário, onde deve enviar suas respostas.

Ao longo de sua participação, caso surjam dúvidas, críticas ou sugestões de melhorias, na página de encerramento do questionário estarão disponíveis os dados de contato do pesquisador.

APÊNDICE C – Questionário

Questionário foi desenvolvido na plataforma *SurveyMonkey*® para coleta de dados online.

❖ **Link permanente de acesso:** <https://pt.surveymonkey.com/r/9JG5FLG>.

Questionário - Destinação do resíduo de concreto pré-fabricado (RCPF): aplicação do método AHP para auxiliar na tomada de decisão

Este questionário integra uma pesquisa de Doutorado em Engenharia Civil que tem como objetivo principal propor a aplicação do método AHP como ferramenta de apoio à tomada de decisão para identificar a melhor alternativa para destinação dos resíduos do concreto pré-fabricado (RCPF).



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Resolução 466/2012 do CNS)

* 1. Você concorda com o [TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO \(TCLE\)](#) do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar?

- Sim
 Não

Informações Preliminares - Respondente

2. Qual o seu nome?

3. Qual o seu e-mail? Endereço de e-mail

4. Dados Pessoais Profissionais

Formação

Cargo atual

Quanto tempo atua na área de pré-fabricados? (anos)

Informações Preliminares – Empresa

5. Em que Estado a empresa que você atua está instalada?

6. Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?

7. Qual a quantidade de funcionários?

8. A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação?

- Sim Não

Se sim, qual o tipo e nível?

9. Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?

10. Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?

Sim Não

11. Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?

Sim Não

12. A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?

Sim Não

13. Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?

Sim Não

Se sim, especifique o tipo.

14. A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?

Sim Não Não fabrica artefatos de concreto.

15. A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?

Sim Não

16. Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?

17. Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?

- Processo de produção dos elementos.
- Elementos reprovados no controle de qualidade.
- Elementos danificados durante a movimentação interna ou transporte para a obra.
- Erros de projeto e falhas de compatibilização.
- Substituição parcial ou cancelamento de projetos.

Comparação Par a Par - Critérios Principais

Agora você irá responder ao **questionário de preferências AHP** e, para isso, seguem algumas instruções: O **Objetivo Principal** é definir dentre as opções disponíveis a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado (RCPF).

Para isso, nesta etapa, você irá realizar a **comparação par a par**; portanto, deve expressar sua opinião sobre **qual critério é mais importante e atribuir um peso** utilizando a **escala de 1 a 9**, sendo **1 para menor importância e 9 para extrema importância**.

Os **Critérios** que serão avaliados são:

- **Ambientais:** Os critérios ambientais estão ligados à sustentabilidade que a empresa promove. Também, considera-se neste critério toda a parte de legislação ambiental, certificações ambientais e boas práticas.
- **Técnicos:** Os critérios técnicos estão relacionados aos processos de identificação do RCPF, local apropriado para armazenamento, transporte, controle de qualidade e equipamentos necessários para transformação do RCPF em agregado reciclado.
- **Econômicos:** Os critérios econômicos referem-se aos custos que o RCPF pode gerar para uma empresa, seja por meio do transporte dos resíduos, locação de equipamentos específicos para transformação em agregados reciclados e ou receitas que podem ser geradas por meio da venda dos RCPF para posterior transformação ou da utilização dos agregados reciclados oriundos dos RCPF.

LEGENDA DOS CRITÉRIOS		
		
Critério Ambiental	Critério Técnico	Critério Econômico

Neste [Documento 1 - Critérios Principais](#), você encontra mais detalhes sobre os critérios pré-definidos. Deste modo, você deverá **escolher apenas uma alternativa** e ponderar sobre esta.

18. Na sua opinião, qual o **Critério** é mais importante levar em consideração na hora de decidir sobre a **destinação final do RCPF**?

<input type="checkbox"/> Critério Ambiental	<input type="checkbox"/> Critério Técnico
---	---

19. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Critério selecionado** em relação ao **Critério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

20. Na sua opinião, qual o **Critério** é mais importante levar em consideração na hora de decidir sobre a **destinação final do RCPF**?

<input type="checkbox"/> Critério Ambiental	<input type="checkbox"/> Critério Econômico
---	---

21. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Critério selecionado** em relação ao **Critério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

22. Na sua opinião, qual o **Critério** é mais importante levar em consideração na hora de decidir sobre a **destinação final do RCPF**?

<input type="checkbox"/> Critério Técnico	<input type="checkbox"/> Critério Econômico
---	---

23. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Critério selecionado** em relação ao **Critério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Subcritérios Ambientais

Na segunda etapa, você irá realizar a comparação par a par dos **Subcritérios Ambientais** que são: Reciclagem, Certificação, Leis e Normas, Descarte e Eficiência ambiental.

LEGENDA DOS SUBCRITÉRIOS AMBIENTAIS				
				
Reciclagem	Certificação	Leis e Normas	Descarte	Eficiência Ambiental

Neste [Documento 2 - Subcritérios Ambientais](#), você encontra mais detalhes sobre os **Subcritérios Ambientais** pré-definidos.

Para isso, você irá realizar dez julgamentos, identificando qual subcritério tem maior importância e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores).

Nesta etapa, iremos identificar qual subcritério é mais importante em relação ao seu critério principal. Lembrando que o objetivo é determinar, entre as opções disponíveis, a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado (RCPF).

24. Na sua opinião, em relação ao **critério Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Reciclagem	<input type="checkbox"/> Certificação
-------------------------------------	---------------------------------------

25. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

26. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Reciclagem	<input type="checkbox"/> Leis e Normas
-------------------------------------	--

27. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

28. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Reciclagem	<input type="checkbox"/> Descarte
-------------------------------------	-----------------------------------

29. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

30. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Reciclagem	<input type="checkbox"/> Eficiência ambiental
-------------------------------------	---

31. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

32. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Certificação	<input type="checkbox"/> Leis e Normas
---------------------------------------	--

33. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

34. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?]

<input type="checkbox"/> Reciclagem	<input type="checkbox"/> Descarte
-------------------------------------	-----------------------------------

35. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

36. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Certificação	<input type="checkbox"/> Eficiência ambiental
---------------------------------------	---

37. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

38. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Leis e Normas	<input type="checkbox"/> Descarte
--	-----------------------------------

39. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

40. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Eficiência ambiental	<input type="checkbox"/> Leis e Normas
---	--

41. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

42. Na sua opinião, em relação ao critério **Ambiental**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

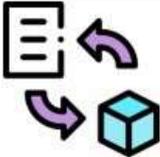
<input type="checkbox"/> Eficiência ambiental	<input type="checkbox"/> Descarte
---	-----------------------------------

43. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Subcritérios Técnicos

Na terceira etapa, você irá realizar a **comparação par a par dos Subcritérios Técnicos** que são: Identificação, Transformação, Armazenamento, Transporte e Aplicação.

LEGENDA DOS SUBCRITÉRIOS TÉCNICOS				
				
Identificação	Transformação	Armazenamento	Transporte	Aplicação

Neste [Documento 3 - Subcritérios Técnicos](#), você encontra **mais detalhes sobre os Subcritérios Técnicos** pré-definidos.

Para isso, você irá realizar dez julgamentos, identificando **qual subcritério tem maior importância** e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores).

Nesta etapa, iremos identificar **qual subcritério é mais importante em relação ao seu critério principal**. Lembrando que o objetivo é determinar, entre as opções disponíveis, a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado (RCPF).

44. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Identificação	<input type="checkbox"/> Transformação
--	--

45. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

46. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Identificação	<input type="checkbox"/> Armazenamento
--	--

47. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

48. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Identificação	<input type="checkbox"/> Transporte
--	-------------------------------------

49. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

50. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Identificação	<input type="checkbox"/> Aplicação
--	------------------------------------

51. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

52. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Transformação	<input type="checkbox"/> Armazenamento
--	--

53. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

54. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Transformação	<input type="checkbox"/> Transporte
--	-------------------------------------

55. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

56. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Transformação	<input type="checkbox"/> Aplicação
--	------------------------------------

57. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

58. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Transporte	<input type="checkbox"/> Armazenamento
-------------------------------------	--

59. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

60. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Aplicação	<input type="checkbox"/> Armazenamento
------------------------------------	--

61. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

62. Na sua opinião, em relação ao critério **Técnico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

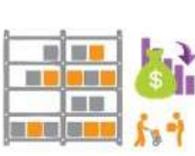
() Transporte	() Aplicação
----------------	---------------

63. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Subcritérios Econômicos

Na quarta etapa, você irá realizar a **comparação par a par dos Subcritérios Econômicos** que são: Custo para transformação, Consumo de matéria prima, Mão de obra especializada, Custo com descarte e Custo com armazenamento.

LEGENDA DOS SUBCRITÉRIOS ECONÔMICOS				
				
Custo para transformação	Consumo de matéria prima	Mão de obra especializada	Custo com descarte	Custo com armazenamento

Neste [Documento 4 - Subcritérios Econômicos](#), você encontra **mais detalhes sobre os Subcritérios Econômicos** pré-definidos.

Para isso, você irá realizar dez julgamentos, identificando **qual subcritério tem maior importância** e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores).

Nesta etapa, iremos **identificar qual subcritério é mais importante em relação ao seu critério principal**.

Lembrando que o objetivo é determinar, entre as opções disponíveis, a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado (RCPF).

64. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

() Custo para transformação dos RCPF	() Consumo da matéria prima
---------------------------------------	------------------------------

65. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

66. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

() Custo para transformação dos RCPF	() Custo com mão de obra especializada
---------------------------------------	---

67. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

68. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Custo para transformação dos RCPF	<input type="checkbox"/> Custo com descarte
--	---

69. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

70. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Custo para transformação dos RCPF	<input type="checkbox"/> Custo com armazenamento
--	--

71. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

72. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Consumo de matéria prima	<input type="checkbox"/> Custo com mão de obra especializada
---	--

73. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

74. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Consumo de matéria prima	<input type="checkbox"/> Custo com descarte
---	---

75. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

76. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Consumo de matéria prima	<input type="checkbox"/> Custo com armazenamento
---	--

77. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

78. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Custo com mão de obra especializada	<input type="checkbox"/> Custo com descarte
--	---

79. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

80. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Custo com mão de obra especializada	<input type="checkbox"/> Custo com armazenamento
--	--

81. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

82. Na sua opinião, em relação ao critério **Econômico**, qual **Subcritério** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Custo com descarte	<input type="checkbox"/> Custo com armazenamento
---	--

83. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para o **Subcritério selecionado** em relação ao **Subcritério não selecionado** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Alternativas frente aos Subcritérios Ambientais

Na quinta etapa, você irá realizar a **comparação par a par das Alternativas** com base nos **Subcritérios Ambientais**.

Logo, você irá ponderar sobre a importância que o Critério Ambiental e seus subcritérios possuem sobre as **Alternativas** de destinação dos RCPF propostas, que são:

- 1- **Descartar** os Resíduos de Concreto Pré-fabricado em aterros certificados;
- 2- **Implantar** na empresa **uma central de processamento** dos resíduos e transformá-los em agregados reciclados para consumo ou venda; e
- 3- **Firmar parcerias com associações** recicladoras ou empresas que realizam o processamento dos resíduos.



Neste [Documento 5 - Alternativas](#), você encontra mais detalhes sobre as Alternativas propostas para a destinação dos RCPF.

Para isso, você irá realizar três julgamentos, para cada subcritério ambiental (Reciclagem, Certificação, Leis e Normas, Descarte e Eficiência ambiental) identificando **qual Alternativa tem maior importância** e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores).

Nesta etapa, iremos **identificar qual alternativa é mais importante** em relação aos **subcritérios do critério ambiental**.

Lembrando que o **objetivo** é determinar, entre as opções disponíveis, **a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado**.

84. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Reciclagem**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

85. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

86. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Reciclagem**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

87. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

88. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Reciclagem**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

89. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

90. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Certificação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

91. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

92. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Certificação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

93. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

94. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Certificação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

95. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

96. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Leis e Normas**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

97. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

98. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Leis e Normas**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

99. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

100. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Leis e Normas**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

101. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

102. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Descarte**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

103. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

104. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Descarte**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

105. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

106. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Descarte**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

107. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

108. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental – Eficiência ambiental**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

109. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

110. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental** qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

111. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

112. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental e** qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

113. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Alternativas frente ao Critério Técnico

Na sexta etapa, você irá realizar a **comparação par a par das Alternativas com base nos Subcritérios Técnicos**. Logo, você irá ponderar sobre a importância que o Critério Técnico e seus subcritérios possuem sobre as Alternativas de destinação dos RCPF propostas, que são:

- 1 Descartar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado em aterros legais;
- 2 Implantar na empresa uma central de processamento dos resíduos e transformá-los em agregados reciclados para consumo ou venda; e
- 3 Firmar parcerias com associações recicladoras ou empresas que realizam o processamento dos resíduos).

LEGENDA DAS ALTERNATIVAS		
		
Descartar o RCPF em aterros legais	Implantar uma central de processamento	Firmar parcerias com recicladoras

Neste mesmo [Documento 5 - Alternativas](#), você encontra mais detalhes sobre as Alternativas propostas para a destinação do RCPF.

Para isso, você irá realizar três julgamentos, para cada subcritério técnico (Identificação, Transformação, Armazenamento, Transporte e Aplicação) identificando **qual Alternativa tem maior importância** e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores).

Nesta etapa, iremos identificar qual alternativa é mais importante em relação aos **subcritérios do critério ambiental**.

Lembrando que o **objetivo** é determinar, entre as opções disponíveis, **a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado**.

114. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Identificação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

115. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

116. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Identificação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

117. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

118. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Identificação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

119. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

120. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - transformação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

121. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

122. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico -Transformação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

123. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

124. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Transformação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

125. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

126. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

127. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

128. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

129. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

130. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

131. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

132. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Transporte**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

133. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

134. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Transporte**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

135. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

136. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Transporte**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

137. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

138. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Aplicação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

139. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

140. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Aplicação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

141. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

142. Na sua opinião, em relação ao critério **Subcritério Técnico - Aplicação**, qual **Alternativa** apresenta maior importância para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

143. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Comparação Par a Par - Alternativas frente ao Critério Econômico

Na última etapa, você irá realizar a **comparação par a par das Alternativas com base nos Subcritérios Econômicos**.

Logo, você irá ponderar sobre a importância que o Critério Econômico possui sobre as Alternativas de destinação dos RCPF propostas, que são:

- 1 Descartar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado em aterros legais;
- 2 Implantar na empresa uma central de processamento dos resíduos e transformá-los em agregados reciclados para consumo ou venda; e
- 3 Firmar parcerias com associações recicladoras ou empresas que realizam o processamento dos resíduos).

LEGENDA DAS ALTERNATIVAS		
		
Descartar o RCPF em aterros legais	Implantar uma central de processamento	Firmar parcerias com recicladoras

Neste mesmo [Documento 5 - Alternativas](#), você encontra mais detalhes sobre as Alternativas propostas para a destinação do RCPF.

Para isso, você irá realizar três julgamentos, para cada subcritério econômico (Custo para transformação, Consumo de matéria prima, Custo com mão de obra, Custo com descarte e Custo com armazenamento) identificando **qual Alternativa tem maior importância** e atribuirá uma intensidade (peso de 1 a 9, semelhante ao que foi realizado nas questões anteriores). Nesta etapa, iremos **identificar qual alternativa é mais importante** em relação aos **subcritérios do critério econômico**. Lembrando que o **objetivo** é determinar, entre as opções disponíveis, **a melhor forma de destinar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado**.

144. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo para Transformação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

145. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

146. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo para Transformação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

147. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

148. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo para Transformação**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

149. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

150. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Consumo de matéria prima**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

151. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

152. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Consumo de matéria prima**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

153. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

154. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Consumo de matéria prima**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

155. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

156. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com mão de obra**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

157. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

158. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com mão de obra**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

159. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

160. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com mão de obra**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

161. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

162. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com descarte**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

163. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

164. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com descarte**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

165. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

166. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com descarte**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

167. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

168. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento
---	---

169. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

170. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Descartar o RCPF em aterro legal	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

171. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

172. Na sua opinião, em relação ao **Subcritério Econômico - Custo com armazenamento**, qual **Alternativa** apresenta **maior importância** para a destinação dos RCPF?

<input type="checkbox"/> Implantar central de processamento	<input type="checkbox"/> Firmar parcerias com recicladoras
---	--

173. Agora, você deve atribuir uma nota (nível de importância) para a **Alternativa selecionada** em relação a **Alternativa não selecionada** anteriormente.

Nota de 1 a 9

Encerramento.

Agradecemos pela sua participação.

Estou à disposição para quaisquer dúvidas que possam surgir!

Muito obrigado. **Contatos:** luiz.sarti.junior@gmail.com.

A seguir, apresenta-se o conteúdo dos documentos (1 a 5) que fornecem as informações necessárias para o respondente julgar sobre os critérios, subcritérios e alternativas. No questionário, esses documentos são disponibilizados por meio de links de acesso, permitindo ao respondente acessar arquivos em PDF. A qualquer momento de sua participação, o respondente pode acessá-los e obter as informações necessárias para realizar os julgamentos.

❖ Documento 1 - Critérios Principais.

Esta pesquisa tem como intuito propor a aplicação do método AHP para a tomada de decisão, de modo a fornecer suporte e as informações necessárias para a avaliação e definição da melhor opção para a destinação ou reutilização dos resíduos provenientes de concreto pré-fabricado (RCPF). Com isso, seguindo a metodologia proposta pelo método AHP, foram definidos três critérios principais, que serão utilizados como orientadores na tomada de decisão. Esses critérios foram estabelecidos por meio de um estudo piloto realizado na fase de estruturação da pesquisa, no qual identificou-se que os aspectos ambientais, técnicos e econômicos são fundamentais no contexto dos RCPF. A estrutura proposta para este trabalho é apresentada na Figura 48, seguida pela explicação detalhada de cada critério.

Figura 48: Estrutura da pesquisa método AHP
Documento 1 - Critérios principais



Fonte: O autor

❖ CRITÉRIO AMBIENTAL

Os critérios ambientais, focados nesta pesquisa, estão ligados à sustentabilidade que a empresa promove. Além disso, neste critério são consideradas toda a parte de legislação ambiental, certificações ambientais e boas práticas que a empresa realiza.

Para garantir a qualidade dos produtos, as empresas utilizam certificações de qualidade e ambiental nos produtos que produzem. Neste sentido, a destinação correta dos RCPF irá contribuir para uma destinação alinhada aos princípios da sustentabilidade, agregando mais valor ao produto e possibilitando a empresa conseguir tais certificações e garantir os níveis de excelência requeridos.

Considerar esses critérios ambientais não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental ou apenas para atender às demandas contemporâneas, mas também para alinhar-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU. Os ODS são uma agenda global para o desenvolvimento sustentável até 2030, abordando questões como redução da desigualdade, energia limpa, cidades sustentáveis e ação climática.

Além disso, pode ser uma vantagem competitiva, uma vez que muitos clientes e projetos de construção valorizam práticas sustentáveis e buscam produtos de construção com menor impacto ambiental.

Deste modo, é crucial que as empresas adotem práticas sustentáveis e se alinhem com os ODS, não apenas como uma responsabilidade ambiental, mas também como uma estratégia de mercado para se destacarem em um cenário cada vez mais consciente e exigente.

❖ CRITÉRIO TÉCNICO

Os critérios técnicos, pré-definidos para esta pesquisa, estão relacionados aos processos que envolvem desde a fase de identificação do RCPF, local apropriado para armazenamento, transporte, controle de qualidade até os equipamentos necessários para transformação do RCPF em agregado reciclado.

A fase de identificação inicia-se por meio de uma análise criteriosa nos elementos que sofreram algum tipo de avaria. Assim, estes devem passar por uma verificação inicial para identificação e detalhamento das condições gerais e do estado de sua integridade. Em seguida, a equipe técnica deve definir qual é a melhor opção para a situação: reparar e recuperar o elemento ou descartá-lo. Para as peças que foram identificadas e definidas como descarte, estas devem ser acomodadas em locais adequados, protegidas das intempéries e longe da movimentação de pessoas, com o objetivo de resguardá-las de possíveis acidentes.

Como, na grande maioria das vezes, os elementos pré-fabricados possuem grandes dimensões, além do peso elevado, será necessário utilizar equipamentos e veículos que atendam a essa demanda, tanto para a movimentação como para o transporte para o local onde os RCPF serão destinados. Além deste tipo de resíduo (elementos inteiros), existem também os resíduos menores, os quais são produzidos durante o processo de fabricação, podendo ser o início e fim das pistas de lajes alveolares (as cabeceiras), cortes estratégicos em lajes para integração com outros elementos, ajustes na altura de pilares e vigas, dentre outros. Este segundo tipo de resíduo também requer um local específico para acomodação e posterior destinação.

Logo, considerando o cenário em que a empresa opta por transformar os RCPF em agregados reciclados, será necessário a implantação de uma central de processamento, que requer a utilização de equipamentos específicos e de alta performance para realizar tal transformação.

No caso dos RCPF, os equipamentos necessários para transformá-los em agregados reciclados são de grande porte e dedicados a essa prática, pois os RCPF possuem alta resistência (na ordem de 50 MPa) e podem danificar os equipamentos se estes não forem dedicados a essa atividade, como, por exemplo, os equipamentos que realizam o processamento de resíduos da construção civil e demolição (RCC).

Neste sentido, os critérios técnicos vêm para mostrar quão complexo é o processo de tratamento e destinação de um resíduo pré-fabricado, pois para realizar estas atividades é fundamental que as empresas invistam em tecnologia e infraestrutura adequadas para o processamento dos RCPF, garantindo não apenas a eficiência na reciclagem, mas também a segurança e a conformidade com as regulamentações ambientais e de qualidade.

❖ CRITÉRIO ECONÔMICO

Os critérios econômicos dizem respeito aos custos associados aos RCPF para a empresa, incluindo o transporte dos resíduos, a locação ou aquisição de equipamentos específicos para a transformação dos resíduos em agregados reciclados, bem como as receitas potenciais provenientes da venda dos RCPF para transformação subsequente ou da utilização dos agregados reciclados oriundos dos RCPF como substitutos da matéria-prima convencional.

Conforme observado nos critérios anteriores, é crucial garantir que todas as atividades relacionadas à destinação final dos RCPF estejam alinhadas com os critérios ambientais e técnicos. Portanto, o critério econômico desempenha um papel significativo nesta etapa, servindo como um guia na tomada de decisão.

A atividade de armazenamento dos RCPF demanda um local específico. Caso a empresa não disponha de espaço físico adequado, será necessário buscar alternativas, como a locação ou aquisição de um espaço dedicado.

O descarte dos resíduos também acarreta custos, uma vez que o descarte de materiais inertes deve ser realizado exclusivamente em locais legalizados. Nesse contexto, as empresas responsáveis pela gestão dos aterros cobrarão pelas despesas de recebimento e acomodação desses resíduos, exigindo que a empresa emita um certificado de destinação e uma nota fiscal de serviço.

Um levantamento na literatura correlata revelou que, no Brasil, não é comum a prática de processamento dos resíduos pré-fabricados, dado que estes requerem equipamentos especializados de alto custo e a necessidade de operadores qualificados. Portanto, a implantação de uma unidade de processamento dos RCPF exige a elaboração de um projeto de viabilidade técnica e econômica, além da obtenção das licenças de operação junto aos órgãos municipais, estaduais e federais. Assim, compreende-se que se trata de um processo que demanda significativo investimento de tempo e recursos financeiros.

É importante destacar que, se a empresa optar por transformar os RCPF em agregados, estes não poderão ser utilizados na fabricação de elementos estruturais. Conforme a NBR 15116 (ABNT, 2021), o uso de agregados reciclados é recomendado apenas em elementos estruturais com resistência de até 20 MPa. Dessa forma, a empresa só poderá incorporá-los à sua linha de produção caso disponha de uma linha de produtos não estruturais, como pavers e artefatos decorativos de concreto, entre outros. Uma alternativa viável seria a venda do excedente para empresas do segmento não estrutural.

Ambas as opções têm o potencial de gerar receita para a empresa. No primeiro cenário, ao integrá-los à sua produção, a empresa reduzirá o consumo de matéria-prima convencional. No segundo cenário, a empresa obtém receita com as vendas.

❖ **Documento 2 – Subcritérios Ambientais.**

Dado que os critérios principais pré-definidos são complexos, no método AHP são adotados subcritérios para desdobrar esses critérios em componentes menores e mais específicos. Essa subdivisão é realizada para facilitar o processo de comparação e avaliação, tornando-o mais preciso e detalhado. Ao desmembrar os critérios principais em subcritérios, é possível analisar e ponderar as alternativas de forma mais refinada, o que contribui para melhorar a precisão da avaliação, facilitar a comparação e reduzir o viés de decisão.

Com isso, nesta pesquisa, para cada critério principal foram atribuídos cinco subcritérios, de modo atender as premissas que o método AHP requer. Para o critério ambiental, foram definidos cinco subcritérios que permeiam o âmbito do concreto pré-

fabricado, ou seja, subcritérios voltados para o processo de fabricação, identificação, transporte, armazenamento, descarte e processamento. A hierarquia do critério ambiental e os subcritérios pré-definidos é apresentada na Figura 49, seguida pela explicação detalhada de cada subcritério.

Figura 49: Estrutura dos subcritérios no método AHP
Documento 2 – Subcritérios Ambientais



Fonte: O autor

➤ SUBCRITÉRIOS AMBIENTAIS:

Reciclagem: A reciclagem de resíduos de concreto é uma prática importante para reduzir o impacto ambiental da indústria de concreto pré-fabricado, seja por meio de processos que visam minimizar o desperdício (recuperação ou reaproveitamento do elemento avariado) ou até mesmo na identificação do resíduo e encaminhamento para o tratamento adequado. Este subcritério está focado em práticas que visam reduzir os impactos ambientais causados pela indústria de concreto pré-fabricado. Isso pode ser alcançado através da recuperação de peças danificadas ou da utilização dos resíduos de concreto pré-fabricado, como, por exemplo, a transformação em agregados reciclados para posterior utilização. Nesse contexto, a empresa que adota tais práticas prioriza uma destinação que promova a reciclagem dos resíduos por ela produzidos.

Certificação: As empresas buscam certificações ambientais reconhecidas internacionalmente, como ISO 14001 (ABNT, 2015), para demonstrar seu compromisso com práticas sustentáveis e gestão ambiental eficaz. Além disso, para estabelecer a credibilidade

e a confiança no mercado, além de promover a adoção generalizada de práticas sustentáveis na indústria de concreto pré-fabricado. Para isso, as empresas implementam sistemas internos de controle de qualidade, auditorias internas, para monitorar e garantir que os resíduos gerados tenham o tratamento correto. Além disso, algumas empresas buscam a colaboração com organismos de certificação externos, auditorias externas, que podem avaliar e validar suas práticas de reciclagem. Certificados emitidos por esses organismos podem ser usados para demonstrar a conformidade com padrões específicos. Levando isso em conta, a empresa que busca obter certificações ambientais e reconhecimento por suas práticas sustentáveis no processo de fabricação de seus produtos visa, além de ganhar credibilidade no mercado, assegurar que seus processos estejam em conformidade com os padrões requeridos.

Leis e Normas: A política de descarte dos RCPF é a mesma definida para os RCC, Resolução CONAMA nº 307/2002. Além disso as empresas fabricantes de concreto pré-fabricado estão sujeitas à Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos RCC e as Leis à Nível Estadual e Municipal, variando de acordo com cada estado e município. Com base nestas informações, as empresas fabricantes de elementos de concreto pré-fabricado devem cumprir os requisitos mínimo que as legislações vigentes instituem. Assim, a empresa deve, no mínimo, cumprir com o que a legislação exige, além de aplicar as recomendações da PNRS e da legislação municipal de resíduos sólidos. Dessa forma, ela atende às regulamentações ambientais locais e nacionais, incluindo as licenças ambientais de operação.

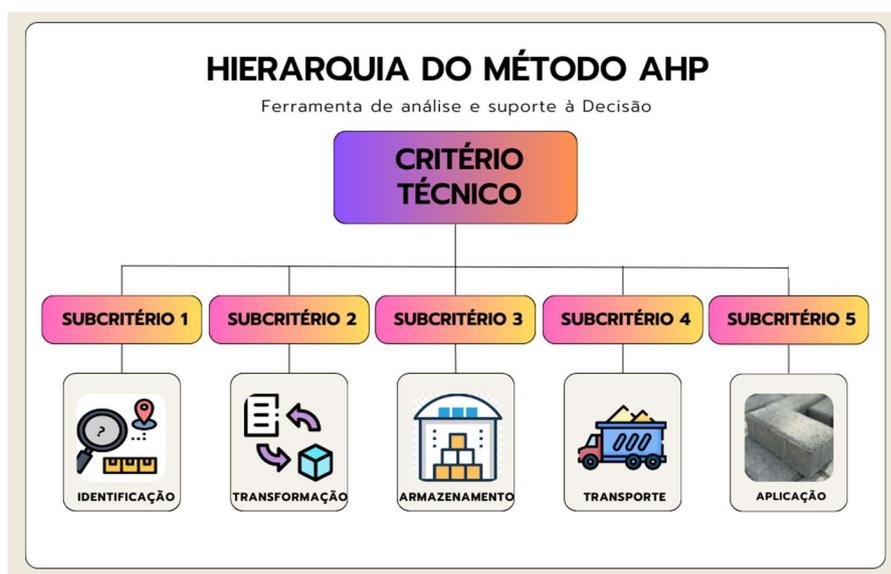
Descarte: O descarte dos RCPF exige atenção especial devido à natureza específica do material (dimensões, peso e volume) e aos impactos ambientais que o descarte inadequado pode causar. Assim como os RCC os RCPF é considerado como inerte, ou seja, não sofrem nenhum tipo de alteração físico-química em sua composição. Logo, o manejo destes resíduos deve possuir regras pré-estabelecidas para que não cause impactos no meio ambiente. A depender do local onde os RCPF for depositado, ele pode atrapalhar o fluxo de veículos, obstruir galerias de água pluvial e assoreamento de solo. Neste sentido, o descarte correto é a prioridade da empresa, pois é importante saber que os RCPF não estão agredindo o meio ambiente mesmo que de forma indireta. Com isso, a empresa deve buscar realizar o descarte somente em locais licenciados que emitem o certificado CADRI.

Eficiência ambiental: A indústria de concreto pré-fabricado vem buscando cada vez mais se tornar sustentável, buscando reduzir seus impactos ambientais e sociais. Diversas medidas podem ser tomadas para alcançar esse objetivo, tais como a elaboração de projetos com melhor aproveitamento, mitigação da geração de resíduos, utilização de matéria prima com baixa emissão de CO₂, otimização nos transportes e reaproveitamento de elementos avariados. Com base nestas informações, percebe-se que o assunto sustentabilidade é frequentemente abordado nas empresas e os procedimentos realizados dentro da produção, armazenamento, transporte e descarte devem estar em sintonia com este assunto. Adoção de práticas para reduzir o consumo de energia durante a produção, como a otimização de processos, o uso de tecnologias mais eficientes e a implementação de fontes de energia renovável e o reaproveitamento dos RCPF são metas que a empresa visa atingir.

❖ **Documento 3 – Subcritérios Técnicos.**

Dado que os critérios principais pré-definidos são complexos, no método AHP são adotados subcritérios para desdobrar esses critérios em componentes menores e mais específicos. Essa subdivisão é realizada para facilitar o processo de comparação e avaliação, tornando-o mais preciso e detalhado. Ao desmembrar os critérios principais em subcritérios, é possível analisar e ponderar as alternativas de forma mais refinada, o que contribui para melhorar a precisão da avaliação, facilitar a comparação e reduzir o viés de decisão. A hierarquia do critério técnico e os subcritérios pré-definidos é apresentada na Figura 50, seguida pela explicação detalhada de cada subcritério.

Figura 50: Estrutura dos subcritérios no método AHP
Documento 3 – Subcritérios Técnicos



Fonte: O autor

Com isso, nesta pesquisa, para cada critério principal foram atribuídos cinco subcritérios, de modo atender as premissas que o método AHP requer. Para o critério técnico, foram definidos cinco subcritérios que permeiam o âmbito do concreto pré-fabricado, ou seja, subcritérios voltados para o processo de fabricação, identificação, transporte, armazenamento, descarte e processamento dos RCPF.

SUBCRITÉRIOS TÉCNICOS

Identificação: O processo de identificação dos RCPF pode ser conduzido por meio de um checklist, que abordará informações técnicas fundamentais para embasar a tomada de decisão. Quando um elemento sofre alguma avaria, seja durante o processo de fabricação, movimentação, armazenamento ou transporte, na maioria das vezes é possível repará-lo e reutilizá-lo. No entanto, quando isso não é viável, o elemento se torna um RCPF. Portanto, é crucial que a equipe de profissionais do departamento técnico e de produção possua o conhecimento necessário para essa identificação e para uma decisão mais acertada.

Neste contexto, a empresa deve contar com uma equipe especializada responsável pelo processo de verificação de elementos avariados. Podem ser realizados procedimentos que avaliem a perda da capacidade estrutural do elemento; se essa perda for confirmada, o elemento é então identificado como RCPF.

Transformação: O processo de transformação dos RCPF em agregados reciclado envolvem atividades que requerem equipamentos específicos para demolição, transporte e britagem, além de mão de obra especializada.

De acordo com as características que os elementos de concreto pré-fabricados são produzidos (grandes dimensões, peso elevado e concreto com alta resistência) os equipamentos necessários para transformação dos RCPF em agregados reciclados são especiais e, na grande maioria das vezes, importados. Deste modo, os equipamentos empregados para fazer a reciclagem dos RCC não comportam esse tipo de resíduo, pois a capacidade de processamento é inferior à que os RCPF requer.

Assim, entende-se que o processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados não pode ser feito utilizando os mesmos equipamentos dimensionados para os RCC, ou seja, requer um estudo detalhado contemplando uma média de volume de resíduos produzidos, o dimensionamento adequado de uma planta de recebimento, processamento e armazenando dos agregados reciclados e com equipamentos com capacidade e durabilidade requerida pelos RCPF.

Além disso, é essencial contar com um laboratório de apoio que realize ensaios para garantir que a granulometria esteja dentro dos padrões exigidos pela norma. Esse laboratório também serve como suporte para a calibração dos equipamentos.

Armazenamento: A logística de movimentação e armazenamento dos RCPF deve ser feita de modo a suprir as necessidades da empresa, haja vista que, na grande maioria das vezes, os RCPF são elementos de grandes dimensões (lajes e vigas), com isso, equipamentos para movimentação são de grande porte e o local para armazenamento deve ser de fácil acesso. Com isso, o armazenamento dos RCPF é um gargalo que as empresas estão sujeitas, pois espaços específicos para acomodar tais RCPF e equipamentos de grande porte (ponte rolante ou guindaste) nem sempre estão disponíveis.

Deste modo, a empresa deve separar em locais distintos os RCPF. Um local deve ser destinado para acomodar os RCPF que serão descartados, oriundos do processo de fabricação e de avarias, enquanto outro local deve ser reservado para os RCPF passíveis de serem reaproveitados em projetos futuros, que são oriundos de incompatibilidade de projetos, cancelamento de compra e erros na fabricação. Ao dispor os resíduos em locais separados para descarte e reaproveitamento, evita-se a mistura desses elementos.

Transporte: O Transporte dos RCPF é um fator limitante para as empresas, pois os caminhões devem possuir capacidade de peso e comprimento. Neste ponto inclui-se os equipamentos necessários para movimentação (içamento), pois não é comum ter ponte rolante fora da pista de produção, assim é necessário a atuação de guindastes.

No processo de descarte dos RCPF oriundos do processo de fabricação, é possível porcionar estes resíduos e encaminhar ao aterro em caminhões menores, já o descarte de elementos maiores requer um transporte dedicado. Considerando que a empresa pretende instalar uma unidade recicladora de RCPF será necessário a utilização de equipamentos e veículos de transporte de acordo com a demanda e necessidade do projeto.

Aplicação: A utilização de RCPF ainda é pouco debatida e no Brasil a prática de transformação dos RCPF em agregado reciclado é pouco utilizada. A partir de 2021 a NBR 15116 (ABNT, 2021) passou a considerar os RCC para fins de concreto estrutural, no entanto com limitação de resistência máxima de 20 MPa. Deste modo, as empresas fabricantes de elementos de concreto pré-fabricado não conseguiriam absorver a produção de agregados reciclados, caso houver a disponibilidade, pois a características deste tipo de sistema construtivos são elementos com grandes resistências (acima de 50 MPa), deste modo, surge

como alternativa a produção de artefatos de concreto para fins não estruturais, tais como *pavers*, cobogós, blocos etc.

Para isso, a empresa deve dispor não apenas de uma planta definida para a produção de elementos de concreto pré-fabricado, mas também de uma linha de produção adicional destinada à fabricação de artefatos de concreto. Essa linha deve ser capaz de absorver os agregados reciclados oriundos dos RCPF, permitindo à empresa produzir novos produtos com um enfoque sustentável.

❖ Documento 4 – Subcritérios Econômicos.

Dado que os critérios principais pré-definidos são complexos, no método AHP são adotados subcritérios para desdobrar esses critérios em componentes menores e mais específicos. Essa subdivisão é realizada para facilitar o processo de comparação e avaliação, tornando-o mais preciso e detalhado. Ao desmembrar os critérios principais em subcritérios, é possível analisar e ponderar as alternativas de forma mais refinada, o que contribui para melhorar a precisão da avaliação, facilitar a comparação e reduzir o viés de decisão. Com isso, nesta pesquisa, para cada critério principal foram atribuídos cinco subcritérios, de modo atender as premissas que o método AHP requer. Para o critério econômico, foram definidos cinco subcritérios que permeiam o âmbito do concreto pré-fabricado, ou seja, subcritérios voltados para o processo de fabricação, identificação, transporte, armazenamento, descarte e processamento dos RCPF. A hierarquia do critério econômico e os subcritérios pré-definidos é apresentada na Figura 51, seguida pela explicação detalhada de cada subcritério.

Figura 51: Estrutura dos subcritérios no método AHP
Documento 4 – Subcritérios Econômicos



Fonte: O autor

SUBCRITÉRIOS ECONÔMICOS

Custo para Transformação: A transformação dos RCPF em agregados reciclados requer significativos investimentos em máquinas, equipamentos específicos e espaço físico para produção, armazenamento, consumo e comercialização. Portanto, cabe à empresa avaliar o interesse em investir nesse segmento, considerando não apenas os custos com licenças operacionais, mas também os custos com mão de obra especializada, treinamentos e transporte. Nesse contexto, sugere-se a realização de um estudo de viabilidade técnica e econômica abrangendo todo o processo de produção, transformação, armazenamento e transporte dos agregados reciclados.

Consumo de matéria prima: Pode haver lucro com a utilização de agregados reciclados oriundos dos RCPF, pois utilizando a matéria prima (agregados reciclados) produzida na própria empresa não será necessário ter grandes estoques de matéria prima adquirida de terceiros, entretanto, o volume de RCPF deve ser compatível com a demanda de produção de agregados reciclados. Considerando que a empresa irá transformar os RCPF em agregados reciclados o excedente do material que ela produzir e não consumir, poderá ser vendido para terceiros. Esta é uma forma de gerar receita para a empresa.

Custo com mão de obra especializada: Os custos associados à contratação e treinamento da mão de obra especializada, responsável pela operação da planta, representam investimentos significativos. Além disso, é necessário contar com funcionários atuando nos setores comercial, logística, laboratório de qualidade e financeiro. Funcionários treinados e capacitados são fundamentais no processo de transformação dos RCPF em agregados reciclados, pois devem estar constantemente atentos ao processamento, garantindo o controle de qualidade tanto da granulometria quanto do armazenamento e da forma de comercialização do produto final.

Custo com o descarte: Considerando que a empresa não possui interesse em produzir agregados reciclados, para garantir o descarte correto a empresa recorre ao descarte em locais licenciados. Estes locais cobram da empresa uma taxa para receber os RCPF e acomodá-los em locais estratégicos (aterros a céu aberto), no entanto isso não é barato, pois como trata-se de um volume considerável e peças com peso elevado, serão necessários caminhões de grande porte além de máquinas dedicadas para fazer o manejo correto no aterro. Atualmente, a grande maioria das empresas recorre a esse tipo de serviço, pois não

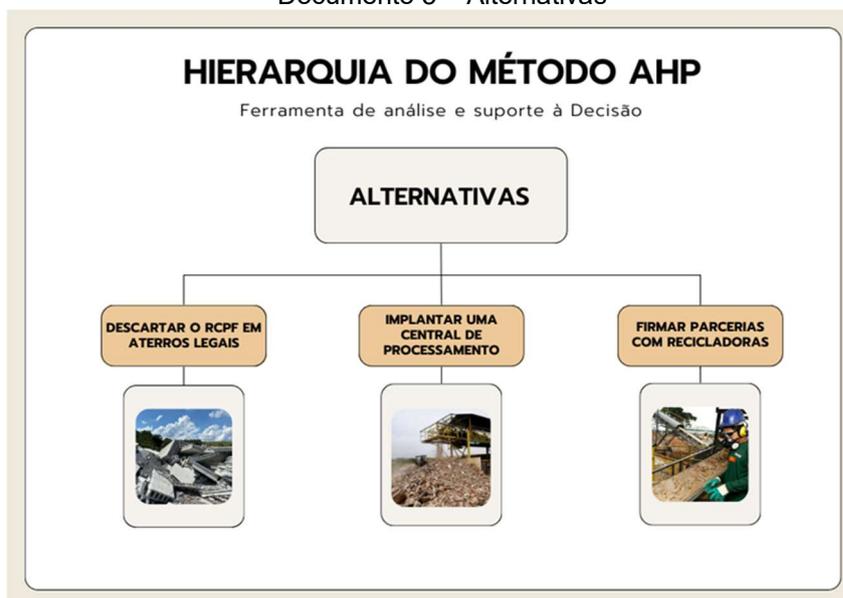
dispõe de espaço adequado para acomodar os RCPF. Dessa forma, ficam sujeitas a buscar locais certificados, que geralmente estão localizados próximos a cidades de grande porte.

Custo com armazenamento: Os custos com armazenamento dos RCPF estão diretamente relacionados ao espaço físico necessário para acomodá-los, RCPF de menor tamanho podem ser alocados em caçambas ou baias, enquanto os elementos maiores devem ser dispostos em locais de fácil acesso, uma vez que requerem o uso de guindastes para sua movimentação. Dessa forma, a empresa deve prever um espaço específico para essa prática, evitando que os RCPF sejam armazenados no mesmo ambiente que os elementos estruturais íntegros, para minimizar o risco de confusão entre as peças. Além disso, para os RCPF que serão reaproveitados, é aconselhável que sejam armazenados em locais protegidos das intempéries, garantindo a qualidade quando forem utilizados no futuro.

❖ Documento 5 – Alternativas.

Esta pesquisa tem como objetivo propor a aplicação do método AHP para a tomada de decisão, de modo a fornecer suporte e as informações necessárias para a avaliação e definição da melhor opção para a destinação ou reutilização dos resíduos provenientes de concreto pré-fabricado. Com isso, seguindo a metodologia proposta pelo método AHP, foram definidas três alternativas, que serão utilizadas na tomada de decisão. A estrutura proposta para este trabalho é apresentada na Figura 52, seguida pela explicação mais detalhada de cada alternativa.

Figura 52: Estrutura das alternativas no método AHP
Documento 5 – Alternativas



Fonte: O autor

ALTERNATIVAS

➤ **Descartar os Resíduos de Concreto Pré-fabricado em aterros de materiais inertes legalizados;**

Nesta alternativa, você acredita que a melhor opção para a destinação dos RCPF é descartá-los em aterros legalizados que emitem certificado CADRI. Assim, você resolverá o seu problema de forma legal, mesmo sabendo que isso implicará em custos elevados e que não estará promovendo a sustentabilidade.

➤ **Implantar na empresa uma central de processamento dos RCPF e transformá-los em agregados reciclados para consumo ou venda.**

Nesta alternativa, você acredita que a melhor opção para a destinação dos RCPF é processá-los e transformá-los em agregados reciclados. A forma de destinação pode ser por meio do uso desses agregados em uma linha de produtos não estruturais, como artefatos de concreto decorativos, pisos pavers, entre outros.

Além disso, o excedente que não for utilizado na produção poderá ser vendido para empresas do mesmo segmento. Ao adotar essa alternativa, você estará promovendo a sustentabilidade por meio da destinação dos RCPF, mesmo ciente de que tais operações demandam investimentos elevados além da necessidade de equipamentos específicos e mão de obra especializada.

➤ **Firmar parcerias com empresas e ou associações recicladoras que realizam o processamento completo dos RCPF.**

Nesta alternativa, você acredita que a melhor opção para a destinação dos RCPF é estabelecer parcerias com empresas, consórcios e ou associações que realizam o processamento de resíduos em geral. Mesmo ciente da baixa disponibilidade de tais associações, você considera que uma boa alternativa seria concentrar a destinação dos RCPF em uma central de processamento específica para este tipo de resíduo. Dessa forma, seria possível realizar a destinação dos RCPF de maneira correta e legal, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade. Por meio dessas centrais, seriam gerados os agregados reciclados que contribuiriam para minimizar o uso de matéria-prima no setor da construção civil. Essas centrais podem ser do tipo fixo, implantadas em locais estratégicos, ou móveis, planejadas em cooperação entre empresas e municípios, abrangendo diversas regiões de atuação.

APÊNDICE D – Respostas dos especialistas

Caracterização do Respondente - Especialista E1
3 - Qual a sua formação?
Engenheiro Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Gerente de Contratos.
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
20 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Grande
8 - Qual a quantidade de funcionários?
150
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
São armazenados no canteiro de obras, em função de ter grande área para estocagem
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Material possível de utilização em sub-base de pavimentos.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Elementos reprovados no controle de qualidade.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E1

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E2
3 - Qual a sua formação?
Engenheiro Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Coordenador de obras
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
15 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
40
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Os resíduos são descartados por empresas terceirizadas, com certificação, e destinados em locais específicos para descarte.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Poderá obter selo de certificação e estar atendendo a legislação que orienta a sustentabilidade.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E2

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E3
3 - Qual a sua formação?
Mestra em Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Engenheira Civil Trainee
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
2 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
200
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Contrata empresas que fornecem caçambas que recolhem os resíduos de concreto e leva para o aterro da região.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Utilizando um procedimento padrão o descarte é feito de forma consciente e com redução de custo.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Erros de projeto e falhas de compatibilização.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E3

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E4
3 - Qual a sua formação?
Engenheiro Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Mestre em Engenharia Civil
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
2 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Pequeno
8 - Qual a quantidade de funcionários?
7
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Sim, PBQPH - A
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Nosso trabalho é de fiscalização, e fabrica é nossa terceirizada. Todo resíduo gerado na obra é descartado e recolhido por empresas certificadas, não só os resíduos gerados pelo pré-moldado, mas todo o resíduo de obra como gesso é outros químicos
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Não
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Melhorias no controle de qualidade.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Elementos reprovados no controle de qualidade.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E4

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias

Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E5
3 - Qual a sua formação?
Engenheira Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Tecnologista em concreto
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
3 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
100
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Pagamos para descartar.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Não
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Descartará de forma mais rápida.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E5

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E6
3 - Qual a sua formação?
Engenheiro Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Gerente de Produção
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
8 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Grande
8 - Qual a quantidade de funcionários?
234
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Sim, ISO 9001.
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Destinação em aterros
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Padronizar suas operações.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Elementos reprovados no controle de qualidade.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E6

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias

Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E7
3 - Qual a sua formação?
Engenheiro Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Gerente de produção
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
14 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Pequeno
8 - Qual a quantidade de funcionários?
120
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Descarte de resíduos com empresas certificadas.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Sustentabilidade, redução de impactos, conscientização.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E7

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias

Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E8
3 - Qual a sua formação?
Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Engenheiro Civil
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
5 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
60
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Vira entulho e descarte com retirada em caçambas.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Não
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Não
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
No caso desta empresa que atua com elementos protendidos, acredito que a reutilização do concreto não será vantajosa para a composição do traço. Seria um diferencial caso a empresa produzisse artefatos de concreto. Ainda, acredito que esta empresa não terá interesse em alteração no processo atual de descarte de resíduos.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Elementos reprovados no controle de qualidade.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E8

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E9
3 - Qual a sua formação?
Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Engenheiro Civil
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
5 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Pequeno
8 - Qual a quantidade de funcionários?
20
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Pagamos para uma empresa descartar em um aterro.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Não
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Controle de qualidade e gestão de orçamento.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E9

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E10
3 - Qual a sua formação?
Engenharia de Produção
4 – Qual o seu cargo atual?
Engenheiro de Produção
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
15 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
62
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Descarte por caçamba.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Não
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Destinação ideal.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E10

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias

Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E11
3 - Qual a sua formação?
Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Engenheiro Civil
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
3 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Pequeno
8 - Qual a quantidade de funcionários?
25
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Descarte em aterros.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Não
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não fabrica artefatos de concreto.
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Controle das atividades e maior garantia de qualidade.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E11

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E12
3 - Qual a sua formação?
Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Diretor Técnico
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
24 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Médio
8 - Qual a quantidade de funcionários?
300
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
Não
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Peças descartadas são destinadas para pátios próprios. Resíduos da fábrica ficam armazenados e limpos periodicamente e destinados à locais preconizados pela prefeitura.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Sim, piso intertravado
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Otimização e reutilização de matérias primas.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Substituição parcial ou cancelamento de projetos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E12

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

Caracterização do Respondente – Especialista E13
3 - Qual a sua formação?
Engenharia Civil
4 – Qual o seu cargo atual?
Gestor de contratos
5 – Quanto tempo atua na área de pré-fabricados?
20 anos
6 - Em que Estado a empresa que você atua está instalada?
SP
7 - Qual o porte da empresa que você trabalha ou presta serviço?
Grande
8 - Qual a quantidade de funcionários?
500
9 - A empresa que você atua possui algum tipo de selo de certificação? (Se sim, qual o tipo e nível)
ABCIC e ISO
10 - Atualmente, como a empresa lida com os resíduos gerados durante o processo de fabricação, movimentação e transporte dos elementos pré-fabricados?
Existe a destinação correta para os mesmos.
11 - Quando ocorre o descarte de um elemento de concreto pré-fabricado, a empresa possui algum procedimento definido para tomar esta decisão?
Sim
12 - Na sua opinião, é importante que a empresa possua um procedimento padrão e um método para auxiliar na hora de descartar os elementos?
Sim
13 - A empresa demonstra interesse em participar de pesquisas com foco em sustentabilidade?
Sim
14 - Além de elementos estruturais pré-fabricados, a empresa produz algum tipo de artefato de concreto?
Não
15 - A empresa demonstra interesse em utilizar agregados reciclados provenientes dos RCPF em sua linha de produção de artefatos de concreto?
Não
16 - A empresa possui algum tipo de parceria firmada com empresas ou associações que realizam o processamento e a reciclagem do RCPF?
Não
17 - Na sua perspectiva, quais são os principais benefícios que a empresa terá ao aplicar um Procedimento Padrão para amparar a tomada de decisão em relação ao descarte dos resíduos de concreto pré-fabricado?
Respeito ao meio ambiente e as normas federais.
18 - Na sua perspectiva, com base no que você observa na empresa em que atua, qual é a principal fonte geradora de resíduos de concreto pré-fabricado (RCPF)?
Processo de produção dos elementos.

Matriz de comparação Par a Par – Especialista E13

Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Técnico
Critério Ambiental	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Critério Técnico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério Econômico
Subcritérios Ambientais																		
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Certificação
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Reciclagem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leis e Normas
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Certificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Leis e Normas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Eficiência ambiental
Subcritérios Técnicos																		
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transformação
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Identificação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armazenamento
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transporte
Armazenamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Transporte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aplicação
Subcritérios Econômicos																		
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo da matéria prima
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Custo para Transformação	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mão de obra especializada
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Consumo da matéria prima	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o descarte
Mão de obra especializada	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Custo com o descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Custo com o armazenamento
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Reciclagem																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Certificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental – Leis e Normas																		

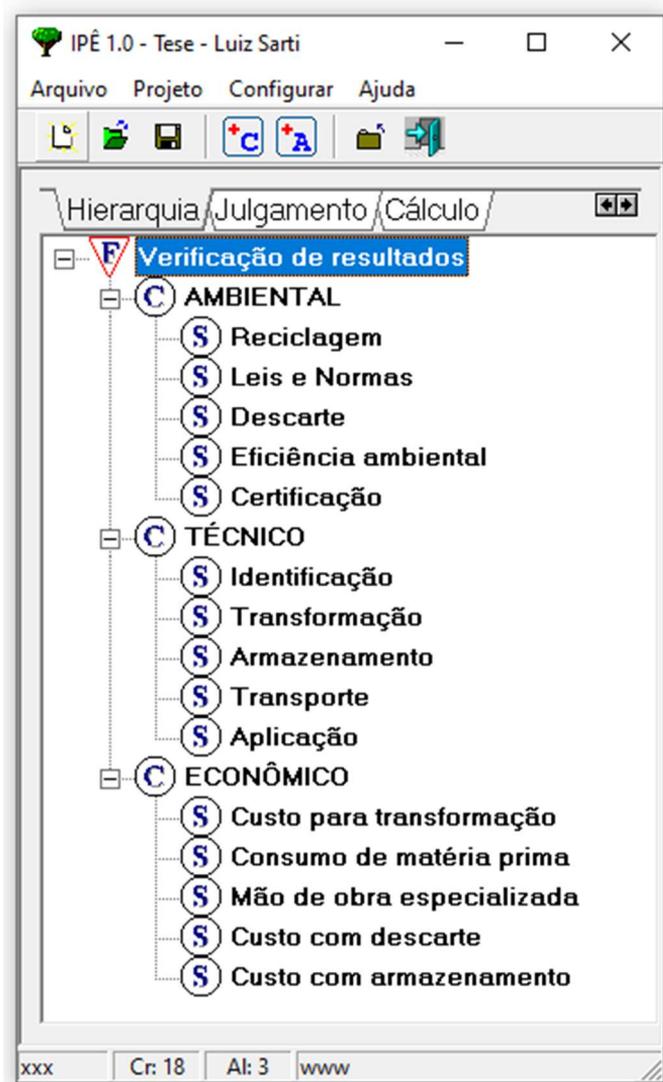
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Ambiental - Eficiência ambiental																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Identificação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Transporte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Técnico - Aplicação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo para transformação																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Consumo da matéria prima																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com mão de obra especializada																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com o descarte																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Alternativas frente ao Subcritério Econômico – Custo com armazenamento																		
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central
Descartar em aterro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Firmar Parcerias
Firmar Parcerias	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Implantar Central

APÊNDICE E – Validação das respostas do método AHP

Verificação dos resultados obtidos nas matrizes AHP por meio do *software* IPÊ da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Fonte site: <https://www.producao.uff.br/index.php/aplicativos/130-ipe>

- Estrutura Hierárquica do método AHP aplicada no *software* IPÊ



Especialista 1 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,234
TÉCNICO	0,701
ECONÔMICO	0,065

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,327
Leis e Normas	0,286
Descarte	0,067
Eficiência ambiental	0,298
Certificação	0,022

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão

AMBIENTAL

TÉCNICO

Identificação

Transformação

Armazenamento

Transporte

Aplicação

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,167
Transformação	0,434
Armazenamento	0,178
Transporte	0,034
Aplicação	0,188

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão

ECONÔMICO

Custo para transformação

Consumo de matéria prima

Mão de obra especializada

Custo com descarte

Custo com armazenagem

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,460
Consumo de matéria	0,239
Mão de obra especia	0,045
Custo com descarte	0,100
Custo com armazen	0,156

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 2 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,727
TÉCNICO	0,221
ECONÔMICO	0,052

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,141
Leis e Normas	0,519
Descarte	0,025
Eficiência ambiental	0,241
Certificação	0,074

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,141
Transformação	0,519
Armazenamento	0,241
Transporte	0,025
Aplicação	0,074

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,519
Consumo de matéria	0,241
Mão de obra especia	0,141
Custo com descarte	0,074
Custo com armazen	0,025

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 3 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,716
TÉCNICO	0,060
ECONÔMICO	0,224

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,163
Leis e Normas	0,172
Descarte	0,160
Eficiência ambiental	0,478
Certificação	0,027

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,031
Transformação	0,151
Armazenamento	0,243
Transporte	0,079
Aplicação	0,495

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,302
Consumo de matéria	0,302
Mão de obra especi	0,311
Custo com descarte	0,067
Custo com armazen	0,018

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 4 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,723
TÉCNICO	0,206
ECONÔMICO	0,071

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,306
Leis e Normas	0,288
Descarte	0,025
Eficiência ambiental	0,312
Certificação	0,069

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,457
Transformação	0,258
Armazenamento	0,152
Transporte	0,090
Aplicação	0,044

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,460
Consumo de matéria	0,092
Mão de obra especia	0,044
Custo com descarte	0,155
Custo com armazen	0,250

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 5 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,159
TÉCNICO	0,542
ECONÔMICO	0,299

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,264
Leis e Normas	0,090
Descarte	0,030
Eficiência ambiental	0,321
Certificação	0,295

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,054
Transformação	0,310
Armazenamento	0,025
Transporte	0,381
Aplicação	0,230

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,526
Consumo de matéria	0,035
Mão de obra especia	0,166
Custo com descarte	0,241
Custo com armazen	0,033

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 6 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo Hierarquia Julgamento Cálculo Consistência Conclusão Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,089
TÉCNICO	0,253
ECONÔMICO	0,658

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo Hierarquia Julgamento Cálculo Consistência Conclusão Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: AMBIENTAL

Reciclagem	0,103
Leis e Normas	0,457
Descarte	0,050
Eficiência ambiental	0,145
Certificação	0,246

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo Hierarquia Julgamento Cálculo Consistência Conclusão Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: TÉCNICO

Identificação	0,256
Transformação	0,228
Armazenamento	0,177
Transporte	0,037
Aplicação	0,302

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo Hierarquia Julgamento Cálculo Consistência Conclusão Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades: ECONÔMICO

Custo para transform	0,193
Consumo de matéria	0,400
Mão de obra especia	0,112
Custo com descarte	0,129
Custo com armazen	0,166

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 7 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo/Hierarquia/Julgamento/Cálculo/Consistência/Conclusão/Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,700
TÉCNICO	0,068
ECONÔMICO	0,232

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo/Hierarquia/Julgamento/Cálculo/Consistência/Conclusão/Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,064
Leis e Normas	0,313
Descarte	0,307
Eficiência ambiental	0,298
Certificação	0,018

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo/Hierarquia/Julgamento/Cálculo/Consistência/Conclusão/Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,135
Transformação	0,083
Armazenamento	0,245
Transporte	0,508
Aplicação	0,028

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo/Hierarquia/Julgamento/Cálculo/Consistência/Conclusão/Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,250
Consumo de matéria	0,064
Mão de obra especia	0,119
Custo com descarte	0,537
Custo com armazen	0,031

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 8 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

**Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados**

AMBIENTAL	0,668
TÉCNICO	0,075
ECONÔMICO	0,257

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

**Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL**

Reciclagem	0,169
Leis e Normas	0,033
Descarte	0,174
Eficiência ambiental	0,449
Certificação	0,176

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

**Cálculo das prioridades:
TÉCNICO**

Identificação	0,138
Transformação	0,221
Armazenamento	0,079
Transporte	0,040
Aplicação	0,523

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

**Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO**

Custo para transform	0,446
Consumo de matéria	0,118
Mão de obra especia	0,170
Custo com descarte	0,095
Custo com armazen	0,171

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 9 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,739
TÉCNICO	0,082
ECONÔMICO	0,179

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,246
Leis e Normas	0,505
Descarte	0,082
Eficiência ambiental	0,124
Certificação	0,044

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,225
Transformação	0,322
Armazenamento	0,158
Transporte	0,030
Aplicação	0,265

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,422
Consumo de matéria	0,056
Mão de obra especia	0,125
Custo com descarte	0,261
Custo com armazen	0,136

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 10 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,072
TÉCNICO	0,244
ECONÔMICO	0,684

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,431
Leis e Normas	0,274
Descarte	0,047
Eficiência ambiental	0,188
Certificação	0,061

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,277
Transformação	0,377
Armazenamento	0,183
Transporte	0,063
Aplicação	0,101

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências /

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,208
Consumo de matéria	0,044
Mão de obra especia	0,091
Custo com descarte	0,502
Custo com armazen	0,155

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 11 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,668
TÉCNICO	0,257
ECONÔMICO	0,075

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,474
Leis e Normas	0,161
Descarte	0,064
Eficiência ambiental	0,267
Certificação	0,034

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,165
Transformação	0,259
Armazenamento	0,081
Transporte	0,037
Aplicação	0,457

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,490
Consumo de matéria	0,089
Mão de obra espec	0,133
Custo com descarte	0,250
Custo com armazen	0,038

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 12 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,242
TÉCNICO	0,683
ECONÔMICO	0,075

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: AMBIENTAL

Reciclagem	0,545
Leis e Normas	0,211
Descarte	0,134
Eficiência ambiental	0,031
Certificação	0,079

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades: TÉCNICO

Identificação	0,136
Transformação	0,248
Armazenamento	0,084
Transporte	0,033
Aplicação	0,500

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / Cálculo / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades: ECONÔMICO

Custo para transform	0,492
Consumo de matéria	0,243
Mão de obra especia	0,034
Custo com descarte	0,148
Custo com armazen	0,082

xxx Cr: 18 Al: 3 www

Especialista 13 – Resultados dos critérios e subcritérios

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
Verificação de resultados

AMBIENTAL	0,727
TÉCNICO	0,052
ECONÔMICO	0,221

xxx Cr: 3 Al: www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
 - Reciclagem
 - Leis e Normas
 - Descarte
 - Eficiência ambiental
 - Certificação
- TÉCNICO
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
AMBIENTAL

Reciclagem	0,521
Leis e Normas	0,243
Descarte	0,136
Eficiência ambiental	0,075
Certificação	0,025

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
 - Identificação
 - Transformação
 - Armazenamento
 - Transporte
 - Aplicação
- ECONÔMICO

Cálculo das prioridades:
TÉCNICO

Identificação	0,514
Transformação	0,075
Armazenamento	0,025
Transporte	0,248
Aplicação	0,138

xxx Cr: 18 Al: 3 www

IPÉ 1.0 - Tese - Luiz Sarti

Arquivo Projeto Configurar Ajuda

Objetivo / Hierarquia / Julgamento / **Cálculo** / Consistência / Conclusão / Pendências

Verificação de resultados

- AMBIENTAL
- TÉCNICO
- ECONÔMICO
 - Custo para transformação
 - Consumo de matéria prima
 - Mão de obra especializada
 - Custo com descarte
 - Custo com armazenamento

Cálculo das prioridades:
ECONÔMICO

Custo para transform	0,497
Consumo de matéria	0,027
Mão de obra especia	0,249
Custo com descarte	0,148
Custo com armazen	0,079

xxx Cr: 18 Al: 3 www