

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**DIRETRIZES PARA O DESIGN DE SOLUÇÕES
COMPUTACIONAIS CIENTES DA
SUSTENTABILIDADE**

RENATA RODRIGUES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF^A. DR^A. VÂNIA PAULA DE ALMEIDA NERIS

São Carlos – SP

Agosto/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**DIRETRIZES PARA O DESIGN DE SOLUÇÕES
COMPUTACIONAIS CIENTES DA
SUSTENTABILIDADE**

RENATA RODRIGUES DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração: Interação Humano-computador

Orientador: Prof^a. Dr^a. VÂNIA PAULA DE ALMEIDA NERIS

São Carlos – SP

Agosto/2018

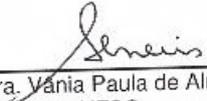


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Renata Rodrigues de Oliveira, realizada em 21/12/2018:



Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris
UFSCar

Prof. Dr. Roberto Pereira
UFPR

Prof. Dr. Cristiano Maciel
UFMT

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Roberto Pereira, Cristiano Maciel e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.



Profa. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris

Dedico aos meus pais e ao Marcelo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo, pois ele foi a força e o guia necessários em todos os momentos nos quais pensei em desistir;

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional;

Agradeço ao Marcelo pela compreensão e pelos momentos de ausência. Sei que hoje do céu ele estará feliz com a nossa conquista;

Agradeço a Libertas pelo apoio;

Agradeço a todos os colegas que de uma forma ou de outra contribuíram para a caminhada;

Agradeço, em especial, a minha orientadora Vânia, pelo carinho e compreensão nos momentos difíceis.

Cada sonho que você deixa para trás é um pedaço do seu futuro que deixa de existir

Steve Jobs

RESUMO

A sustentabilidade é um assunto que tem ganhado visibilidade pelas discussões internacionais e a preocupação com o futuro. Quando se fala em sustentabilidade deve-se entendê-la tanto no aspecto ambiental, quanto social e econômico, enfatizando assim sua abrangência. As soluções computacionais são um bem de consumo e, portanto, é de responsabilidade da indústria de software e hardware, bem como de seus designers e desenvolvedores, refletir e agir para que as soluções computacionais sejam cientes das questões de sustentabilidade. A literatura expõe vários trabalhos na linha de design sustentável, autores como Blevis, Baranauskas e Fallman discorrem sobre o tema, porém há poucos que estão tratando a sustentabilidade no design, e em particular a computação ainda encontra-se nos primeiros passos. Sendo assim, formalizou-se um conjunto de recomendações para orientar os designers de soluções computacionais na criação destas soluções, de maneira que já sejam pensados os aspectos de sustentabilidade na concepção. A metodologia adotada, inclui estudos bibliográficos, um questionário sobre o tema aplicado à comunidade da computação, um diagrama de afinidades e um olhar para outras áreas de conhecimento que já possuem métodos consolidados sobre a sustentabilidade; como as normas ISO; para a construção das diretrizes. Após a criação, aplicou-se as diretrizes ao cenário acadêmico e empresarial. A avaliação das soluções resultantes ocorreu por um método; produto de uma dissertação de mestrado na mesma área de estudo, e pela avaliação de três especialistas pelas diretrizes aplicadas, que se deu de forma satisfatória e de modo geral mudou a opinião das pessoas que participaram do estudo. Com o auxílio das diretrizes é possível pensar em como conceber soluções sustentáveis e que respeitem a continuidade da vida.

Palavras-chave: Design para Sustentabilidade, Design, Sustentabilidade, Computação Sustentável, Diretrizes

ABSTRACT

Sustainability is a subject that has gained visibility through international discussions and concern for the future. When talking about sustainability, it must be understood in terms of both environmental and social and economic aspects, emphasizing its scope. Computational solutions are consumer goods and therefore it is the responsibility of the software and hardware industry, as well as its designers and developers, to reflect and act so that computer solutions are aware of sustainability issues. The literature exposes several works in the line of sustainable design, authors such as Blevis, Baranauskas and Fallman discuss the theme, however few are dealing with sustainability in design, and in particular computing is still in the first steps. Therefore, a set of recommendations was formalized to guide the designers of computational solutions in the creation of these solutions, so that the aspects of sustainability in design are already considered. The methodology adopted includes bibliographical studies, a questionnaire on the subject applied to the computer community, a diagram of affinities and a look at other areas of knowledge that already have consolidated methods on sustainability; such as ISO standards; for the construction of the guidelines. After creation, the guidelines were applied to the academic and business scenario. The evaluation of the resulting solutions occurred by one method; the product of a master's degree dissertation in the same area of study, and the evaluation of three experts by the guidelines applied, which was satisfactory and generally changed the opinion of the people who participated in the study. With the help of guidelines, it is possible to think about how to design sustainable solutions that respect the continuity of life.

Keywords: Design for Sustainability, Design, Sustainability, Sustainable Computing, Guidelines

LISTA DE FIGURAS

2.1	Os Três pilares da sustentabilidade	20
2.2	Objetivos do desenvolvimento sustentável	22
2.3	Efeito das TICs no desenvolvimento sustentável	24
2.4	Modelo conceitual semi-participativo para a computação socialmente consciente	30
2.5	Modelo de gestão ambiental de acordo com a ISO 9001	35
2.6	A vantagem de se obter um rótulo ecológico ABNT	37
2.7	Fases de uma avaliação de ecoeficiência e suas aplicações	38
2.8	Trajetórias de desenvolvimento de produto	39
2.9	Visão geral esquemática da ABNT NBR ISO 26000	40
3.1	Comparativo de algoritmos de design	53
3.2	Cinco dimensões da sustentabilidade	55
3.3	Processo de aplicação de indicadores de sustentabilidade em uma máquina de café	57
3.4	Espaço de design universal para a sustentabilidade	60
4.1	Galaxy note 7 após a explosão da bateria	65
4.2	Vídeo game simulando a realidade	66
4.3	Processo de design	68
4.4	E2-Formação dos respondentes da área de computação	69
4.5	Diagrama de afinidades	75
4.6	Diagrama de afinidades refeito em detalhes	76
4.7	Tipos mais considerados	79

4.8	Aspectos de sustentabilidade	79
5.1	Modo escalar de pensamento em sustentabilidade	92
5.2	Diretivas identificadas por Junior (2017)	94
5.3	Quantidade de diretrizes analisadas	95
5.4	Interface web da solução Hoomie Imóveis	96
5.5	Interface web da solução D' Argentio	96
5.6	Interface web da solução Sonar	97
5.7	Interface web da solução Better Way	98
5.8	Diretrizes de responsabilidade do designer	101
5.9	Diretrizes de responsabilidade da diretoria	102
5.10	Diretrizes de responsabilidade de todas as funções consideradas no estudo	103
5.11	Diretrizes de responsabilidade de funções variadas	104
5.12	Visão dos respondentes da empresa após contato com as diretrizes	105
5.13	Pensamento em sustentabilidade após contato com as diretrizes	106

LISTA DE TABELAS

2.1	Resumo das contas de design	27
2.2	Instrumentos considerados no tripé da sustentabilidade	42
3.1	Critérios de inclusão e exclusão	45
3.2	Artigos retornados na base ACM	46
3.3	Artigos retornados na base IEEE	47
3.4	Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão	50
3.5	Design de produto sobreposto pelo processo sustentável	52
4.1	Resultado do diagrama de afinidades	78
4.2	Diretrizes	82
5.1	Anotações dos alunos no documento das diretrizes	90

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 Contexto e motivação	14
1.2 Problemática e objetivo	15
1.3 Síntese da metodologia	16
1.4 Síntese dos resultados	17
1.5 Organização do texto	18
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS	19
2.1 Sustentabilidade	19
2.1.1 Desenvolvimento sustentável	22
2.2 Design de soluções computacionais	24
2.2.1 Conceito de design	25
2.2.2 Design universal	28
2.2.3 Design socialmente consciente	29
2.3 W3C	30
2.4 Tecnologia da informação verde	32
2.4.1 O viés econômico da sustentabilidade	33
2.5 Normatizações	34
2.5.1 Norma ISO 14001	34
2.5.2 Norma ISO 14020	36

2.5.3	Norma ISO 14045	37
2.5.4	Norma ISO 2600	39
2.6	<i>Ecological footprint method</i>	40
2.7	Uma análise dos diferentes instrumentos	41
CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS		44
3.1	Protocolo do mapeamento	44
3.2	Análise dos trabalhos encontrados no mapeamento sistemático	50
3.2.1	Trabalhos que consideram processos de design	50
3.2.2	Design de interação sustentável	53
3.2.3	Ciclo de vida do produto	56
3.2.4	Sustentabilidade ambiental no hardware	58
3.2.5	Trabalhos encontrados nas referências bibliográficas	59
CAPÍTULO 4 – DIRETRIZES		62
4.1	Os sistemas computacionais e o insustentável	63
4.2	Percurso metodológico para proposição das diretrizes	66
4.2.1	Instrumentos utilizados na tratativa em torno da sustentabilidade no design de soluções	67
4.2.1.1	Processos de design	68
4.3	Percepções sobre aspectos de sustentabilidade na computação	69
4.4	Diagrama de afinidades	74
4.5	As diretrizes para o design de soluções sustentáveis	80
CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DAS DIRETRIZES		85
5.1	Percurso metodológico para avaliação da proposta	85
5.2	Designers em formação	86
5.2.1	Acompanhamento dos projetos	88

5.2.2	Questionário de avaliação dos estudantes	91
5.2.3	Percepções dos estudantes sobre o estudo	92
5.3	Análise e comparativo entre as soluções criadas	93
5.4	Uma pequena software house	99
5.4.1	Acompanhamento do projeto	100
5.4.2	Avaliação dos funcionários da software house	104
5.4.3	Análise crítica do cenário	107
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO		108
6.1	Análise	108
6.2	Trabalhos futuros	109
6.3	Considerações finais	110
REFERÊNCIAS		112
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE118		

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e motivação

Com o avanço cada vez maior da tecnologia, e as pessoas cada vez mais conectadas, cresce também o uso e descarte de equipamentos e soluções computacionais que não atendem mais à demanda. De acordo com Brasil (2016), 58% da população brasileira está conectada à internet de alguma forma, isso representa por volta de 102 bilhões de internautas. Um número bastante expressivo para um país que ainda se encontra em desenvolvimento.

A tecnologia cada vez mais disponível gera também a preocupação de como as pessoas a utilizam e como elas são geradas. Pensando nesta linha, entram as questões de sustentabilidade no contexto computacional, em que são necessárias a preocupação com a produção, uso e descarte correto de soluções computacionais.

As questões de sustentabilidade estão ganhando cada vez mais força no cenário mundial, mobilizando não apenas governo e autoridades pela sua causa como também a população em geral. Ser sustentável vai muito além de reciclar o lixo ou economizar água conforme cita Bhamra e Lofthouse (2016), deve ser um hábito cultivado todos os dias em cada uma das ações que são tomadas; não apenas com o meio ambiente, mas também com as questões econômicas e as pessoas que nos cercam.

A sustentabilidade tem sido vislumbrada de diversas perspectivas. De acordo com o Brundtland et al. (1987), o desenvolvimento sustentável é tudo o que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Partindo deste princípio, são necessários cuidados não apenas com o meio ambiente, mas também com questões sociais e econômicas, para que se consiga chegar a um futuro, garantindo a perpetuação da espécie e de nosso legado.

A motivação para o desenvolvimento do trabalho dar-se-á pela presente preocupação com a maneira como realizamos o design de soluções e consumimos os recursos esgotáveis da natureza, e como isso impactará as futuras gerações. O consumo desenfreado e a utilização dos recursos sem medida contribuem para um mundo cada vez mais difícil de se viver.

Não é possível imaginar a vida cotidiana sem água, energia elétrica ou mesmo o ar que respiramos. As desigualdades sociais, as questões de justiça e equidade bem como uma economia justa são princípios fundamentais para a conservação do planeta de acordo com Spangenberg (2013). Esses recursos que hoje estão disponíveis, podem se tornar escassos e talvez até inexistentes, caso sejam negligenciados ou ignorados pela sociedade. Devemos nos cercar de ações que ajudem na conservação da vida de hoje e dos nossos descendentes.

A computação é assim a área que cada vez mais movimenta a vida das pessoas de alguma forma, seja nas simples tarefas cotidianas, no lazer ou nas necessidades básicas, e por meio dela pode-se incluir conceitos de sustentabilidade na vivência das pessoas, ressalta Spangenberg (2013) e também no mundo, de forma que a mesma ajude nesta tarefa que é dever de todos.

1.2 Problemática e objetivo

As soluções computacionais também devem ser sustentáveis, porém isso não tem sido considerado no projeto de construção destas soluções. Portanto, para que se garanta a continuidade da vida em sociedade e no meio em que vivemos, é preciso um olhar atento a esta temática e um esforço na solução desta problematização.

Baranauskas et al. (2012) enfatizam no desafio 1 do texto dos grandes desafios no campo de pesquisa da Interação Humano-Computador, chamando a atenção exatamente para as práticas de consumo do mundo moderno e como precisamos repensar tanto estas práticas quanto o design de interação com novas soluções tecnológicas que fomentem a sustentabilidade entre os indivíduos e a sociedade. É necessário incluir renovação, reuso e descarte tanto de hardware quanto de software como requisitos de um design ciente da sustentabilidade, conforme Neris et al. (2014).

A área de tecnologia, de forma geral, influencia diretamente no comportamento das pessoas, haja vista a grande presença que essa tem na sociedade atual e, por esta razão, deve ser utilizada como um facilitador de práticas sustentáveis visando a melhoria de processos vitais para a continuidade do mundo. Essa vertente caracteriza o design para a sustentabilidade, que já é discutido, embora de maneira tímida, na literatura por Blevis et al. (2016) e Baranauskas et al. (2012) no desafio 1 .

A outra vertente, que é o foco deste trabalho, visa pensar a sustentabilidade no design, englobando as questões ambientais, econômicas e sociais em sua criação. Refletir sobre como os designers e desenvolvedores podem fundir em seu processo criativo a sustentabilidade, que visa a igualdade social, a equidade, a conservação do meio ambiente e uma distribuição de renda igualitária.

Para tanto o objetivo geral do trabalho é formalizar um conjunto de recomendações para orientar os designers de soluções computacionais, de maneira que, na concepção destas soluções, sejam pensados os aspectos de sustentabilidade.

A orientação para os profissionais de design vai além de suas funções e muitas vezes abrangem outros setores da organização. Por isso faz-se necessário o estudo da sustentabilidade no design, de todo o processo de concepção de soluções computacionais, gerando-se assim soluções computacionais que contribuam para um mundo melhor.

A falta de orientações a estes profissionais nos leva a pensar no problema de pesquisa: as diretrizes criadas são capazes de incluir a preocupação com sustentabilidade durante os diferentes estágios de um processo de design? Elencar a discussão em torno da temática auxilia na visibilidade e importância do assunto para a sociedade como um todo.

1.3 Síntese da metodologia

Para a obtenção de dados mais consistentes, realizou-se uma pesquisa descritiva, em que foram estudados os conceitos fundamentais abordados no trabalho, como a sustentabilidade e o design. Segundo Wazlawick (2014, p.37) a pesquisa descritiva “é mais sistemática que a exploratória”, em que se busca conhecimento de determinada realidade, utilizando-se de fatos como eles realmente são.

Por meio da análise dos dados observados na pesquisa descritiva, melhor explicada no capítulo 4, buscou-se na pesquisa exploratória outras áreas que já possuem diretrizes sólidas e muitas vezes já comprovadas em sustentabilidade, para que à luz destas técnicas, fosse possível criar um conjunto de recomendações aos designers da área computacional.

Uma busca rigorosa realizada em duas bases de dados, consideradas relevantes para a área da computação, também foi realizada. Após a aplicação da string de busca, e os critérios de inclusão e exclusão, foram aproveitados dez trabalhos retornados do mapeamento. O estudo encontra-se detalhado no capítulo 3, com vistas ao estado da arte.

Após o estudo bibliográfico, sobre o assunto, buscou-se a opinião da comunidade da com-

putação sobre o mesmo. Realizou-se uma pesquisa on line com estudantes, professores e profissionais da área de computação com o objetivo de captar as percepções destas pessoas sobre a sustentabilidade na área de computação.

Um diagrama de afinidades foi utilizado, no intuito de observar a questão da sustentabilidade na computação. Este diagrama é utilizado em situações complexas e ainda não bem definidas, auxiliando no agrupamento de ideias por similaridades entre si. (FARIA, 2017).

Com a junção destes estudos, bibliográfico, questionário aplicado à comunidade de computação e diagrama de afinidades, foi criado um conjunto de diretrizes que abrangem as diversas etapas do processo de design. O resultado são 26 recomendações para que soluções computacionais sejam criadas de uma maneira mais sustentável.

Com a finalidade de avaliação das diretrizes produzidas, foram estudados dois cenários de diferentes modos. Um cenário foi uma pequena software house, em que os funcionários foram expostos às diretrizes e avaliaram se as mesmas já eram implementadas ou não as práticas da empresa. E ainda se poderiam ser incorporadas ao cenário empresarial.

O outro cenário estudado foi o acadêmico, em que, utilizamo-nos de uma turma de graduação do curso de ciência da computação da UFSCar que fazia uma disciplina relacionada com o design de soluções web e estava desenvolvendo soluções para esta disciplina em questão. A turma contava com 4 grupos de trabalho, onde 2 deles foram expostos às diretrizes e 2 não.

Ao final da pesquisa as soluções geradas pela disciplina foram avaliadas por 2 especialistas na área de design e que já tinham contato com a literatura de design para a sustentabilidade, seguindo as diretrizes propostas neste trabalho e um instrumento avaliativo gerado pela dissertação de mestrado de Junior (2017).

1.4 Síntese dos resultados

Os estudos realizados com a comunidade da computação e também com a software house objeto de estudos desse trabalho, apontam a necessidade de disseminação do assunto sobre sustentabilidade e uma maior difusão de informações principalmente entre o público mais jovem que serão os construtores de nossas futuras soluções computacionais.

Com a avaliação das diretrizes, pode-se concluir que; seguindo-se as recomendações de diretrizes contidas neste trabalho é possível criar soluções mais sustentáveis, do ponto de vista de especialistas no assunto. E é possível também instigar a um novo olhar sobre as soluções de empresas que já atuam no ramo, mas que ainda não incluíram processos de sustentabilidade às

suas práticas de operações e cultura.

As soluções computacionais construídas seguindo boas práticas de operação possui um amplo público, e a procura por soluções sustentáveis tende a crescer cada vez mais. Nesta linha as diretrizes propostas neste trabalho auxiliam em construções computacionais sustentáveis.

1.5 Organização do texto

O trabalho está organizado da seguinte forma: O capítulo 2 contempla o referencial teórico, no qual são abordados assuntos relevantes ao tema tratado como a sustentabilidade e seus conceitos, e o design de soluções computacionais, fazendo um link entre os dois assuntos evoluindo a um design sustentável.

No capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados e o que tem sido discutido a respeito até o momento, vislumbrando outros autores que também estão tentando aprofundar-se na tratativa do tema.

O capítulo 4 constitui o percurso metodológico para a criação das diretrizes, e a formalização das diretrizes propostas pelo trabalho, em sequencia o capítulo 5 detalha a avaliação das soluções criadas seguindo as diretrizes propostas neste trabalho.

Por fim, explanar-se-á uma análise crítica com as lições aprendidas, contribuições e limitações do trabalho, seguido da conclusão e trabalhos futuros.

Capítulo 2

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade é um assunto em foco atualmente, e vem sendo discutido em grandes fóruns e eventos mundiais, dada a importância do tema. A sustentabilidade é a prática do consumo que garante a manutenção dos recursos para os futuros usos e, conforme o dicionário¹, uma abordagem que pode se sustentar.

Em 1983, a comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento (WCED) foi instituída pelas Nações Unidas para que o desenvolvimento desenfreado das economias pudesse acontecer de maneira economicamente viável e também sustentável. O trabalho desta comissão resultou no relatório “Nosso Futuro Comum”, que mais tarde foi denominado “Relatório de Brundtland”, prestando a devida homenagem ao presidente da WCED Gro Harlem Brundtland (BRUNDTLAND et al., 1987).

O relatório de Brundtland inaugurou a discussão mundial ao redor da sustentabilidade e, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e Desenvolvimento (UNCED), foi realizada no Rio de Janeiro, empossando a sustentabilidade como o novo modelo de desenvolvimento mundial. A conferência foi considerada bem sucedida e resultou em um plano de ação de princípios de sustentabilidade, que tinham o propósito de orientar governo, empresas e cidadãos na direção correta para a continuidade da vida em sociedade (ONUBR, 2015).

A publicação do relatório deu-se em 1987 e o foco principal era a sustentabilidade em nível global. Waas et al. (2011) cita que o referido relatório foi o primeiro documento formal a tratar do assunto. Com a premissa de que governo, empresas e também as pessoas deveriam se ocupar

¹Michaelis. Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/sustentabilidade/> Acesso em 30 out 2017

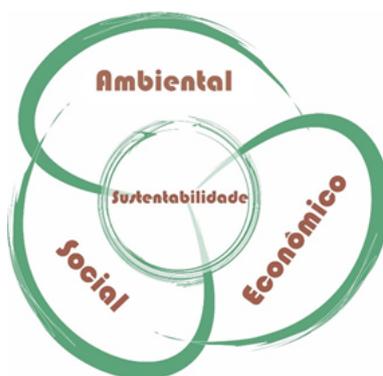
de elementos-chave como políticas de bem-estar, ambientais e de desenvolvimento. O relatório tange um cenário de crise no mundo todo no que diz respeito ao meio ambiente, questões sociais e econômicas de forma global.

De acordo com Waas et al. (2011), o consumo e o modo de consumir tiveram uma drástica mudança com o advento da segunda guerra mundial, quando o crescimento econômico ocorrido na época, e o aumento do padrão de vida da população nos países em que notoriamente se desenvolveram, influenciaram como a população se relacionava com os recursos ambientais disponíveis. Chung et al. (2015) disserta que neste momento, a humanidade caminhava a passos largos para o esgotamento dos recursos existentes, e com poucas perspectivas de reposição destes recursos em um curto espaço de tempo.

A sustentabilidade tem sido vislumbrada de diversas perspectivas e, por isso, sua definição faz-se necessária. O termo sustentabilidade de acordo com Neris et al. (2014), pode ser utilizado em um aspecto amplo e muitas vezes enquadrado de acordo com o contexto. Mesmo não se tratando de um conceito simples, a visão holística do termo visa a compreender que a sustentabilidade precisa levar em conta as questões sociais, econômicas e de meio ambiente, para que se tenha uma definição completa do termo (CHUNG et al., 2014).

Quando se trata de sustentabilidade é necessário observar por estes três pilares conforme ilustra a figura 2.1 que demonstra o tripé da sustentabilidade. Spangenberg (2013) defende que a sustentabilidade faz parte de um conceito maior, não apenas de produção e consumo, mas de uma visão global.

Figura 2.1: Os Três pilares da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de (OLIVEIRA et al., 2016)

Em um passado próximo, o ambiente, as práticas de cultura, a saúde e a forma de gerar riqueza evoluíram de uma forma muito rápida, porém o meio ambiente tem o seu tempo próprio, e muitas vezes a degradação feita agora será deixada de herança para várias gerações (WAAS

et al., 2011).

As questões do meio ambiente dizem respeito, por exemplo, à preservação ambiental e à redução de emissões de gases poluentes e utilização de combustíveis fósseis. As florestas e rios do planeta reforçam um dos pilares da sustentabilidade, o ambiental, que de modo geral é o mais lembrado de acordo com Santillo (2007).

Portanto, é necessário tratar as necessidades humanas e adequar de acordo com o ritmo de reintegração dos ecossistemas do planeta. O pilar ambiental também é muito lembrado por meio das práticas de Tecnologia da Informação (TI) verde, que visam não apenas a menor degradação do meio ambiente como também fomentar atitudes ambientalmente responsáveis e uma conscientização de forma geral para com a diminuição do uso de recursos não renováveis de acordo com Wakkary et al. (2013).

As questões econômicas envolvem a distribuição de renda e soluções que são economicamente viáveis. O aspecto econômico da sustentabilidade está atrelado não apenas ao retorno financeiro que a solução possa gerar, mas também da distribuição igualitária de renda. Os gastos envolvidos no desenvolvimento de soluções, repensando práticas na concepção, envolvendo custos em cadeias produtivas e também de materiais utilizados na produção de soluções (MARHRAOUI; MANOUAR, 2017).

As grandes empresas de tecnologia, precisam assumir o seu papel diante do peso que seus produtos possuem na sociedade. O relatório internacional de House (2016), por exemplo, documenta sobre o trabalho escravo nas minas de cobalto, na República Democrática do Congo. Crianças e adultos sendo explorados em condições de trabalho sub humanas, para atender às necessidades de equipamentos de última geração para os países mais desenvolvidos.

As pessoas do mundo todo gostam de ter todos os benefícios que as novas tecnologias podem proporcionar, porém uma minoria apenas se questiona sobre como são feitas estas tecnologias, e o que está por trás de tanta inovação. As grandes marcas precisam assumir a responsabilidade das matérias primas que compõem os seus produtos, e movimentam seus lucrativos comércios (HOUSE, 2016).

As questões sociais fomentam o respeito às diferenças e aos direitos humanos (OLIVEIRA et al., 2016). O trabalho escravo e a falta de respeito às legislações trabalhistas são atitudes que entram na contramão de um processo sustentável e devem ser combatidas com rigor.

O pilar social da sustentabilidade engloba ainda os fatores humanos, em que o design das soluções colabore para o desenvolvimento social dos indivíduos, elencando suas necessidades, porém respeitando o princípio da coletividade. Se o artefato produzido pode ser utilizado por

um número maior de pessoas respeitando-se as diferenças e adaptando-se ao utilizador, com o menor impacto possível da solução para o meio ambiente, é enquadrada no pilar social da sustentabilidade (XIN et al., 2009).

Soluções que fomentem a qualidade de vida dos indivíduos, saúde e inclusão digital em abordagens avançadas de interação, construindo uma forma de tratar problemas sociais específicos, podem ser um caminho para a construção de uma sociedade mais sustentável, melhorando as experiências entre o usuário e a tecnologia.

2.1.1 Desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável teve início com movimentos ambientais nas décadas passadas e passou por transformações desde então, adquirindo um conceito mais amplo que além das questões ambientais, climáticas, de energia limpa e consumo de recursos, também abrange questões de saúde pública, inclusão social e pobreza (RISING; REHMER, 2010)

O relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) intitulado “Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, tange os objetivos do desenvolvimento sustentável conforme Figura 2.2, que estabelece um projeto de futuro para o desenvolvimento sustentável dos países e elenca 17 metas de sustentabilidade para os mesmos envolvidos neste processo. Esses objetivos contemplam planos de ação para os próximos 12 anos nas áreas cruciais para o planeta, como: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria (ONUBR, 2015)

Figura 2.2: Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: (ONUBR, 2015)

A produtividade e inovação, com o avanço tecnológico crescendo exponencialmente, faz

com que poder público se movimenta a cerca deste processo. As TIC's (Tecnologias da Informação e Comunicação) passaram a ser vistas como motores de desenvolvimento tanto global quanto regional. Diminuindo desigualdades sociais e econômicas, porém com necessidade de direcionamento para a correta obtenção de vantagens, sem prejuízos a outras áreas, conforme sumariza Pereira e Silva (2010).

O relatório da Gartner, Mingay (2007), sobre as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) destaca que o efeito delas sobre o desenvolvimento sustentável se dispõe de acordo com 3 ordens, conforme Figura 2.3.

Os impactos de primeira ordem são os imediatos nas soluções computacionais, ou seja, impactos resultantes diretamente da existência. O fato da tecnologia se materializar causa o impacto e muitas vezes ele pode ser diminuído, porém não eliminado. Possuem efeitos localizados e efeitos diretos na utilização das soluções computacionais. Por exemplo, a emissão de gases poluentes pelas soluções computacionais, equipamentos que não possuem eficiência energética e o destino do lixo eletrônico após a sua obsolescência.

Os impactos de segunda ordem englobam a utilização indireta das soluções computacionais, ou seja, são ocasionados pela utilização das TIC's, como por exemplo a realização de reuniões por vídeo-conferência, a otimização de carga de transporte, a logística das operações e gerenciamento dos ativos de um datacenter. Todos esses processos possuem um impacto indireto nas soluções. A escolha da substituição de um transporte que possua um melhor aproveitamento energético deve ocorrer por um mundo mais sustentável, e não por questões unicamente econômicas (PEREIRA; SILVA, 2010).

Os impactos de terceira ordem ocorrem com o resultado da utilização das TICs. Por exemplo, a utilização dos funcionários de uma empresa das TIC's no ambiente de trabalho, desligar monitores quando não estiverem utilizando o computador, apagar as luzes e imprimir apenas o necessário (RISING; REHMER, 2010). É necessário um longo tempo e uma mudança de hábitos por parte das pessoas que utilizam as TIC's para implantação dessas mudanças, que devem ser econômicas e estruturais, como resultado da utilização destas tecnologias.

Figura 2.3: Efeito das TICs no desenvolvimento sustentável

Fonte: (MINGAY, 2007)

Estes impactos entram diariamente nas nossas vidas direta ou indiretamente, seja com o que consumimos ou pela forma como consumimos. A forma que consumimos pode ser um hábito cultivado e disseminado pelas próximas gerações, mas prestar a atenção necessária ao presente é tão importante quanto ao futuro.

Diversas áreas de conhecimento encaram a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável como importantes e parte integrante de suas práticas já consolidadas. A computação não pode ser uma área alheia e também precisa contribuir, vislumbrando a importância da área na vida das pessoas (PEREIRA; SILVA, 2010). A origem dessas soluções computacionais precisa estar alinhada com a projeção de futuro que é almejado para as próximas gerações.

2.2 Design de soluções computacionais

O design de soluções vem evoluindo rapidamente desde a revolução industrial, em que foram desenvolvidos os primeiros designs de soluções, incluindo os barcos a vapor, navios e as máquinas para produção em larga escala. Mais o que é design? Winograd et al. (1996, p. 17) diz que “É onde você está com um pé em dois mundos - o mundo da tecnologia e o mundo das pessoas e propósitos humanos - e você tenta juntar os dois”.

Winograd et al. (1996) destaca que, nos primórdios, as soluções eram concebidas com o foco em sua utilização, ou seja, se todas as funcionalidades do sistema estavam de acordo para o correto funcionamento do mesmo. Os programadores preocupavam-se muito com as linhas de código, porém esquecendo-se muitas vezes do usuário que utilizaria o sistema. Bannon

(1995) reforça a teoria da funcionalidade das aplicações que abrange a facilidade de uso das soluções, pois isso não era um fator relevante na época.

Nos primórdios, Papanek e Fuller (1972) já vislumbravam um design sustentável, e defendiam que na indústria, os funcionários deveriam dedicar ao menos dez por cento do seu tempo em projetos de design que fossem socialmente conscientes, e que por meio desses pudessem fomentar a moral e a ética entre os trabalhadores.

De acordo com Baranauskas e Bonacin (2008), na década de 90 o design de artefatos computacionais, deixou de ser apenas uma interface para as funcionalidades dos sistemas e iniciou-se uma discussão teórica sobre a concepção desses artefatos, considerando-se a partir daí a realidade e o comportamento das pessoas as quais utilizarão esses artefatos produzidos.

2.2.1 Conceito de design

Há diversas linhas de pesquisa que conceituam design, e entre todas há um consenso que ele deve se preocupar em melhorar a qualidade de vida humana, incorporando características básicas do ser humano a fim de auxiliar as experiências e sensações deles ao experimentar o design de algo. Baranauskas e Bonacin (2008) afirmam que o processo de design vai além da estética do artefato e requer diversas pesquisas e redesenhos para que se conceba um objeto funcional e adequado ao contexto social.

Segundo Fallman (2003) o processo de definição de design é dividido em três contas, que são embasadas na teoria do design na tentativa de orientar os projetistas de soluções. São elas: conservadora, romântica e pragmática. Baranauskas e Bonacin (2008, p. 32) afirmam que estas contas são utilizadas para “situar a nossa compreensão da concepção de sistemas interativos, e enquadrar nossa abordagem ao design”.

A conta conservadora, parte do pressuposto da existência de um problema a ser resolvido e então se aplica a metodologia tradicional ao mesmo, em que se passa da análise de requisitos e vai progredindo gradualmente até o artefato resultante. Para Fallman (2003, p. 226), na conta conservadora “o design é pensado como um esforço científico ou de engenharia, metodologia de empréstimo e terminologia das ciências naturais, matemática e teoria dos sistemas, baseando-se filosoficamente em racionalismo”.

Para Baranauskas e Bonacin (2008), o design baseado nessa conta, parte de requisitos abstratos, porém o processo de criação segue uma metodologia de forma transparente à concepção do artefato, utilizando-se de modelos matemáticos de forma racional e que sejam possíveis suas descrições. Fallman (2003) reforça que cada passo no processo de design com a conta conser-

vadora é racional e possível de se descrever, enfatizando ainda que nesses processos há um alto índice de impessoalidade.

A concepção do design é uma tarefa complexa e a modificação de elementos iniciais no projeto, muda toda a estrutura de concepção muitas vezes. Elementos adicionados e ou retirados podem originar um novo projeto diferente do originalmente pensado, pois os elementos são interdependentes.

A conta romântica de design vai ao oposto da conta conservadora, em que os processos não são bem definidos e, de acordo com Baranauskas e Bonacin (2008), até um tanto místicos. Nesta conta, o processo é pessoal e guiado pela experiência do designer, tratando assim da qualidade estética de acordo com seu ponto de vista. Os designers estão em ênfase na conta romântica e são vistos como seres criativos e que imprimem suas características pessoais nos artefatos criados. Fallman (2003) afirma que esta conta defende a identidade única e a liberdade artística, sugerindo ainda que a arte seja um modelo melhor que a ciência para explicar o design.

Por fim, a conta pragmática é considerada por Baranauskas e Bonacin (2008) como um processo interativo e iterativo de criação, envolvendo as pessoas no processo de design. É necessário uma mesclagem entre os materiais para o design e os envolvidos no processo como: desenvolvedores, designers, utilizadores da solução ou outras partes que possam estar interessadas no artefato.

De acordo com Fallman (2003), a conta pragmática leva em consideração a “localização” do produto do design, onde são reunidos elementos como a cultura, organização, tempo, identidade e materiais disponíveis para a concepção da solução. A vida cotidiana dos indivíduos é a base para a construção deste tipo de design norteando os desenhos pela realidade apresentada.

Tabela 2.1: Resumo das contas de design

	Conta Conser- vadora	Conta Român- tica	Conta pragmá- tica
Design	Informações processadas, métodos claros de desenvolvimento	Criativo, imaginativo, métodos não claros de desenvolvimento	Reflexivo, auto-organização do sistema
Problema	Definido, porém não estruturado	Subordinado ao produto final	Único para a situação e para o designer
Produto	Um resultado do processo	Uma peça funcional de arte	Resultado do diálogo e de como é o mundo
Processo	Busca um processo racional, totalmente transparente	Em grande parte, opaco	Reflexivo, conversação, diálogo humanístico
Conhecimento	Diretrizes, métodos de desenho e leis científicas	Criatividade, imaginação, desenhos	Cada problema deve ser abordado a partir da experiência
Funções de Modelo	Ciências naturais e engenharia	Arte, música, poesia e drama	Ciências humanas e sociologia

Fonte: Adaptado de Fallman (2003).

A visão do design evoluiu muito desde seu início, adicionando em suas concepções elementos que antes não eram considerados e que melhoram o processo como um todo. A expansão desta visão para a concepção de soluções de design gera soluções mais assertivas e de acordo com os anseios de seus utilizadores, gerando uma maior aceitação de novas soluções.

Portanto, com o amadurecimento dos processos de design, e essa visão cada vez mais expansiva, neste trabalho sugere-se uma visão holística ao design de soluções computacionais, pautada no tripé da sustentabilidade, apoiados pela constante evolução da forma de se fazer design.

A junção entre as contas românticas e pragmáticas é o que pode impulsionar a captação de um movimento com vistas à sustentabilidade no design, observando-se que por meio da criatividade é possível a introdução de novos processos para o design, mas respeitando-se a individualidade de cada processo e suas reflexões. A conta conservadora pode contribuir menos neste processo, pois, a sustentabilidade necessita de mais flexibilidade do que esta conta prega.

Por meio da evolução que o processo de design vem sofrendo desde então, nascem as pers-

pectivas e os vários pontos de vista sobre a temática, influenciando desde a maneira como se constrói os objetos à maneira como os utilizamos. Detalhar-se-á alguns diferentes tipos de design, que contribuíram para a evolução desta pesquisa.

2.2.2 Design universal

O Design Universal foi evidenciado nos anos 70 por Ronald Mace, que também fundou o *The Center for Universal Design*, nos EUA. Foi concebido com a premissa de um design acessível, e que possa ser utilizado em diferentes tipos de situações, por pessoas de diferentes idades (STORY et al., 1998).

O movimento a cerca do Design Universal de acordo com Story et al. (1998), ganhou força, quando arquitetos e designers enxergaram que os recursos considerados acessíveis para a época, eram mais caros e feios, e portanto desenhar algo para que todos pudessem utilizar seria mais comercializável e traria benefícios a todos.

Design universal parte da premissa de um design para todos, inclusivo, para a superação de barreiras, em grande parte das vezes relacionadas à acessibilidade tentando diminuir barreiras físicas conforme Almeida e Baranauskas (2010).

Para a orientação da produção de artefatos condizentes ao design universal, estabelece-se alguns princípios a serem seguidos, porém nem todos os princípios são aplicados a todos os projetos. Estas diretrizes foram criadas como elementos-chave para a concepção de projetos relevantes para atender a um público cada vez maior e diversificado. São elas:

- Utilização Equitativa: em que o design precisa ser útil e não segregar usuários com diferentes habilidades;
- Flexibilidade de utilização: em que seja adaptável a diferentes preferencias e ritmos de uso;
- Utilização simples e intuitiva: em que independente do conhecimento ou experiência, o usuário consiga utilizar o design sem transtornos e com feedback de utilização;
- Informação Perceptível: em que as informações sejam dispostas de maneiras diferentes, enfatizando o contraste de elementos para pessoas com limitações sensoriais;
- Tolerância ao erro: em que o sistema emita sinais de alerta e mensagens de erro, prevenindo assim falhas ocasionais;

- Esforço físico mínimo: em que o design previna acessos repetitivos e esforços desnecessários; e
- Dimensão, espaço de abordagem e de utilização, em que a utilização deve ser possível por diferentes posições, como um cadeirante, ou uma pessoa de pé com as disposições dos elementos agradáveis aos ajustes necessários. (STORY et al., 1998)

A diretrizes para o design universal, colaboram para a questão social que tange à sustentabilidade na concepção de artefatos computacionais. Por meio da utilização equitativa e flexibilização de uso, ajustando-se a maioria das pessoas, apoia-se um dos pilares do tripé da sustentabilidade, o pilar social e contribui para soluções sustentáveis com uma importante parcela.

2.2.3 Design socialmente consciente

Esse tipo de design visa a construção de soluções computacionais, socialmente conscientes e responsáveis, de modo participativo e universal tanto no processo quanto nos produtos (BARANAUSKAS; BONACIN, 2008). As desigualdades sociais em nosso meio são uma barreira, tanto econômica quanto psicológica em termos de condições de acesso à informação e formação. No entanto, a tecnologia deve assumir seu papel de corroborar para que seja diminuída essa lacuna existente no mundo contemporâneo entre as pessoas e o acesso à informação e qualidade de vida (BARANAUSKAS, 2014).

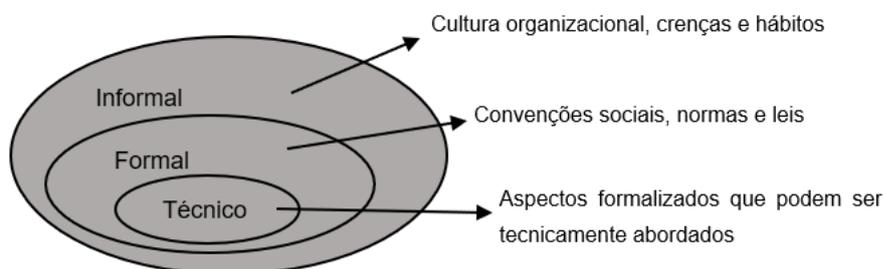
De acordo com Baranauskas et al. (2008, p. 91-92) "Denomina-se a *Societal interfaces* abordagens avançadas de interação que são explicitamente desenvolvidas para resolver ou tratar problemas sociais específicos utilizando a disciplina de Interação Humano-Computador (IHC) e, assim, constituir uma sociedade socialmente e ecologicamente mais sustentável e com melhor qualidade de vida".

A *Societal interfaces* e o Design Socialmente Responsável, visam a melhorar as diferenças sociais entre os indivíduos, ocorridas explicitamente no mundo todo, tentando tratar problemas no âmbito de sistemas dedicados ao bem estar , inclusão digital, qualidade de vida (BARANAUSKAS et al., 2008). Utiliza-se de alguns conceitos do design universal, para que possa centrar-se nas minorias e nas questões de equidade e justiça.

Utiliza-se os conceitos do diagrama de partes interessadas para o envolvimento de todos os possíveis colaboradores na solução, desde usuários finais a stakeholders. A Figura 2.4 demonstra a tríade existente na vida das pessoas e este contexto esta englobado formando a sociedade.

Este modelo é utilizado para orientação aos designs de soluções na concepção de seus artefatos.

Figura 2.4: Modelo conceitual semi-participativo para a computação socialmente consciente



Fonte: Adaptado de Baranauskas (2014)

O aspecto informal utiliza-se de cultura, crenças e hábitos cotidianos, no entendimento de como as pessoas vivem e se relacionam. O aspecto formal está ligado a como as coisas funcionam, como normas e leis a serem seguidas de uma determinada cultura. E o aspecto técnico, engloba as formalizações existentes, ou aplicações de técnicas já conhecidas, originadas de métodos tradicionais (PEREIRA et al., 2012).

O pensamento do *Design for all* que Baranauskas (2014) defende, vislumbra um design que qualquer pessoa possa utilizar-se dele sem a necessidade de adaptações, ou algo especializado para que isso ocorra. Por não ser especializado, esse design contribui para a socialização, acesso à informação e auxílio a pessoas menos favorecidas às soluções computacionais.

Os tipos de design aqui descritos colaboram no pilar social do contexto da sustentabilidade, e possuem mecanismos facilitadores neste processo de inclusão social e bem estar das minorias. Assim as soluções não podem ficar presas ao processo de serem apenas úteis à população, é necessário o olhar para o socialmente consciente e para os novos desafios de se projetar soluções.

Pereira et al. (2012) enfatizam que formalizações são importantes. No design, em que a imaginação para a criação é o que de fato define, as formalizações, muitas vezes, não são seguidas com afinco, e ficando codependentes de seus criadores. O W3C define algumas regras de acessibilidade para a web, importantes para que as criações atendam a uma parcela grande da população. A seguir detalhar-se-á os padrões de acessibilidade para a web.

2.3 W3C

Utiliza-se de padrões internacionais para promover a acessibilidade na web para todos. Trabalha-se na eliminação de limitações e barreiras na web, visando a uma experiência digital

satisfatória a todos os seus utilizadores, independente de diferenças ou redução de mobilidade que essas pessoas possam ter (W3C, 2013).

O W3C segue o design universal e parte das mesmas premissas inclusivas, dando sua aplicabilidade à web, em que as pessoas com alguma limitação possam utilizar-se dela com o menor esforço possível vislumbrando as mesmas coisas que uma pessoa sem limitação qualquer (W3C, 2013).

As premissas do W3C:

- Equiparação nas possibilidades de uso: pode ser utilizado por qualquer usuário em condições equivalentes.
- Flexibilidade de uso: atende a uma ampla gama de indivíduos, preferências e habilidades individuais.
- Uso simples e intuitivo: fácil de compreender, independentemente da experiência do usuário, de seus conhecimentos, aptidões linguísticas ou nível de concentração.
- Informação perceptível: fornece de forma eficaz a informação necessária, quaisquer que sejam as condições ambientais/físicas existentes ou as capacidades sensoriais do usuário.
- Tolerância ao erro: minimiza riscos e consequências negativas decorrentes de ações acidentais ou involuntárias.
- Mínimo esforço físico: pode ser utilizado de forma eficiente e confortável, com um mínimo de fadiga.
- Dimensão e espaço para uso e interação: espaço e dimensão adequados para a interação, o manuseio e a utilização, independentemente da estatura, da mobilidade ou da postura do usuário.

Apesar de seguir a mesma linha de pensamento do design universal, o W3C é uma comunidade que estabelece padrões de acesso à internet e que possui a sua utilização especificamente voltada para web; abrange uma grande fatia das soluções computacionais, haja vista a imensa gama de aplicações voltadas para web existentes. No que se refere à sustentabilidade, também traz a vertente social como linha, promovendo a acessibilidade por meio das suas técnicas de inclusão para web.

2.4 Tecnologia da informação verde

De acordo com Mago (2015) a tecnologia da informação (TI) oferece diversos benefícios como: acesso à informação e uma maior produtividade, mas, por outro lado são alimentados por uma grande carga de energia e recursos, o que desagrada ambientalistas e autoridades engajados na situação crítica do planeta quanto aos recursos utilizados para o funcionamento dessas tecnologias.

Neste sentido o TI verde chega para melhorar o desempenho organizacional de forma a tornar a operação mais ecológica segundo Mago (2015). É preciso ter o equilíbrio entre custos e benefícios do TI estar intimamente ligado às organizações e cuidar para que esse processo seja apoiador de tomadas de decisão porém com a responsabilidade necessária de cuidado com o meio ambiente (SAVITA et al., 2014).

O TI verde abrange o elevado consumo de energia pelos equipamentos computacionais, que conseqüentemente contribuem para a emissão de gases tóxicos na atmosfera, a utilização de recursos naturais não-renováveis para a produção de computadores e periféricos e ainda o descarte desses equipamentos após a sua vida útil (LUNARDI et al., 2012).

De acordo com Pollack (2008) *apud* Lunardi et al. (2012), o TI verde auxilia as empresas a "planejar e investir em infraestrutura tecnológica que sirva às necessidades de hoje, assim como as necessidades de hoje conservem recursos e economizem dinheiro". As empresas e datacenters têm tomado iniciativas como: trocar equipamentos obsoletos por outros que são certificados com eficiência energética, campanhas internas na empresa com foco em conscientização e impacto ambiental de práticas cotidianas, apoio às políticas de sustentabilidade e escolha de fornecedores mais "verdes", ou seja, que tenham políticas de respeito ao meio ambiente.

Yang e Zhao (2011) ponderam que o governo teme sua parcela de culpa nas práticas de TI verde, já que serão necessários incentivos por parte dos governantes e uma gama de informações disseminadas à população para que sejam exigidos equipamentos de consumo mais verdes. Precisando de apoio técnico para a inovação e conscientização para pequenas e médias empresas, não apenas leis para as grandes empresas.

As práticas de TI verde mais comuns adotadas nas organizações são:

- datacenter verde;
- descarte e reciclagem de equipamentos;
- fontes alternativas de energia;

- práticas de conscientização;
- economia de impressão.

Apesar de algumas práticas exigirem um investimento alto, as organizações têm ponderado o custo benefício da prática (YANG; ZHAO, 2011). E empresas que utilizam-se de algumas certificações ISO por exemplo, precisam ter políticas bem definidas de práticas sustentáveis para que possam obter a sua certificação (MAGO, 2015).

2.4.1 O viés econômico da sustentabilidade

Mocigemba (2006) destaca que, atualmente a discussão entre equilíbrio econômico das empresas de tecnologia e as demandas sociais e ecológicas, precisam caminhar juntas em prol de um bem maior. A redução da complexidade dos problemas a cerca da computação sustentável, dá força ao valor heurístico do termo e justifica movimentos pela causa.

O nível de sustentabilidade para a computação pode ser dividida entre o material que engloba o hardware das soluções, e o informativo que engloba o software ou sistemas de computador. Estes níveis são definidos de acordo com três focos distintos:

- foco no produto: lacunas digitais e durabilidade em nível de hardware; Software livre, usabilidade e acessibilidade a nível de software
- foco no processo de produção: avaliação do ciclo de vida, direitos trabalhistas e desperdício de eletrônicos a nível de hardware; design participativo e patentes de software em nível de software
- foco no processo de consumo: reciclagem, saúde e trabalho informatizado a nível de hardware, GNU GPL em nível de software (MOCIGEMBA, 2006, p.182) .

Alguns autores como Widok e Wohlgemuth (2014) e Mocigemba (2006), advogam pelo software livre como parte importante da sustentabilidade nas organizações. Widok e Wohlgemuth (2014) ainda ressaltam que, o caminho para a sustentabilidade que as empresas precisam percorrer é de uma visão ampla do conceito, para que possam ser mensurados os estudos de sua implantação.

Nessa linha, o software livre promove a integração, acesso à informação e igualdade para que as pessoas possam desfrutar de mesmos direitos, e entra como um componente importante para que as empresas se tornem sustentáveis. Além da geração de valor ao negócio, por meio de

sistemas de informação e afins, é livre para que todos possam ter o direito de utilização gerando igualdade de oportunidades dentre funcionários.

Widok e Wohlgemuth (2014) entendem que a melhor forma de abordar assuntos complexos, como por exemplo, a sustentabilidade nas organizações, é fazer a implementação aos poucos, um passo de cada vez. Tanto a questão ambiental, quanto as questões sociais ainda são um tabu e precisam ser inseridas nos processos das empresas. A questão do lucro e formas de riqueza justas estão ainda engatinhando, pois a sociedade capitalista, não vislumbra a grandiosidade de gerar menos riqueza, mas obter um mundo melhor.

Normas importantes também fazem parte da sustentabilidade, como as normas ISO que regulamentam estas questões nas empresas, em quesitos de reciclagem e até como utilizar-se dos produtos, processos e serviços.

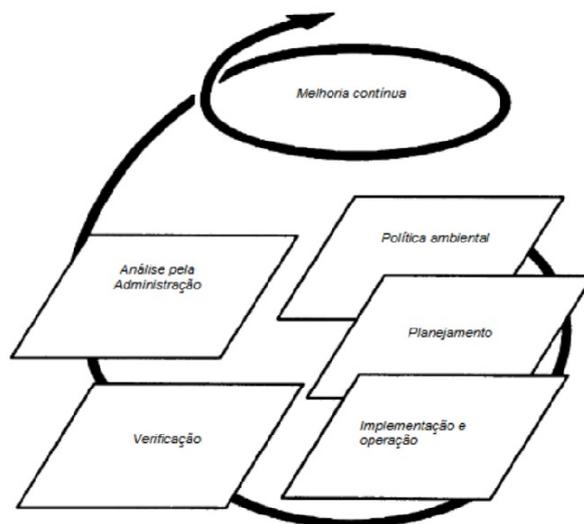
2.5 Normatizações

2.5.1 Norma ISO 14001

As normatizações ISO utilizam uma tratativa em que são definidos alguns parâmetros seguindo os moldes da norma, porém diferentes de empresa para empresa. Por exemplo na norma ISO 14001 as empresas devem quantificar e monitorar seus aspectos ambientais que foram definidos no início da sua certificação. A Figura 2.5 demonstra como o processo de tratativa se define na empresa, de forma cíclica visando a melhoria contínua dos processos.

Nesse modelo, a empresa define a política ambiental a ser considerada, planeja as ações, implementa as ações que foram planejadas para alcançar a política ambiental definida anteriormente, verifica o processo que passa pela aprovação da administração e segue em loop com o objetivo de alcançar a melhoria contínua de seus processos.

Utiliza-se a metodologia Plan-Do-Check-Act (Planejar-Executar-Verificar-Agir) visando a melhoria contínua da gestão ambiental, cuidados com o meio ambiente, fauna, flora e ecossistemas. Aspectos e impactos ambientais, como os produtos e serviços, interagem com o meio, desempenho e política ambiental.

Figura 2.5: Modelo de gestão ambiental de acordo com a ISO 9001

Fonte: (ISO14001, 2015, p.6)

A norma ISO 14001 não especifica claramente os aspectos ambientais a serem considerados, porém cita alguns exemplos de aspectos que podem ajudar na montagem do plano de gestão ambiental:

- emissões atmosféricas,
- lançamentos em corpos d'água,
- lançamentos no solo,
- uso de matérias-primas e recursos naturais,
- uso da energia,
- energia emitida, por exemplo, calor, radiação, vibração,
- resíduos e subprodutos,
- atributos físicos, por exemplo, tamanho, forma, cor, aparência

Salienta-se ainda que para o sucesso da implantação da norma toda empresa precisa estar engajada no processo movimentando em torno recursos, funções, responsabilidades e autoridades.

2.5.2 Norma ISO 14020

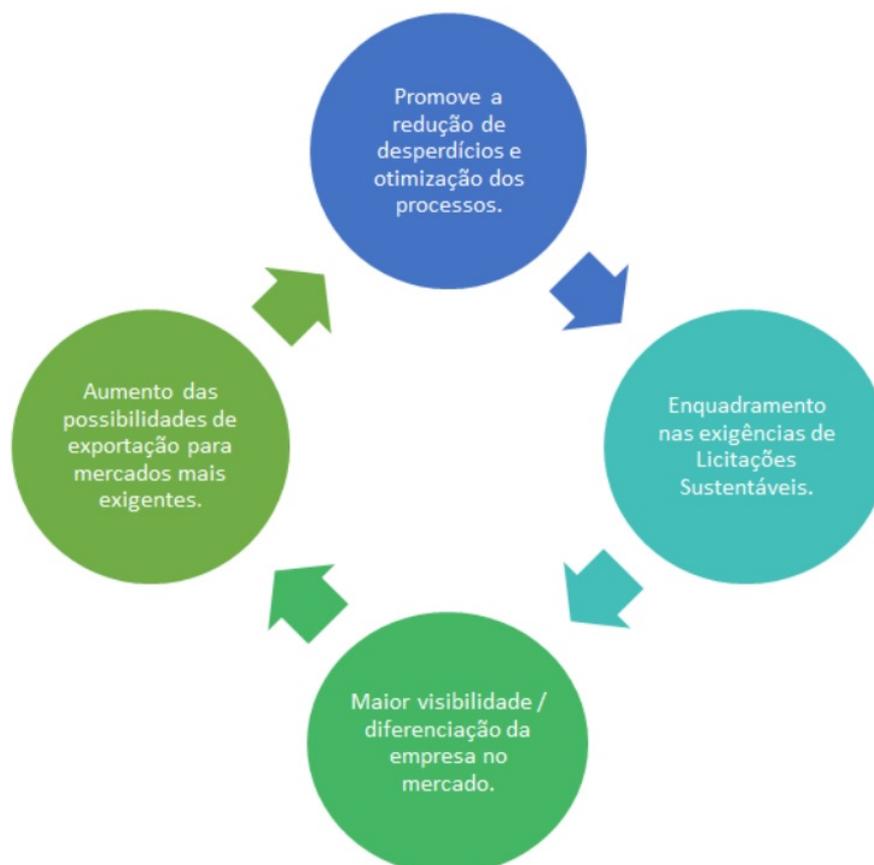
A norma ISO 14020 trata de um Selo Ecológico que certifica o ciclo de vida do produto que esteja ambientalmente correto e de qualidade. É considerada uma certificação de terceira parte, pois necessita de outras normas em conjunto para a aquisição do selo (SUSTENTABILIDADE, 2017).

Leva em consideração a redução dos impactos em todo o ciclo produtivo desde a extração dos produtos, recursos, fabricação, distribuição, utilização e descarte. É utilizada como um fator de consumo consciente tendo em vista ser uma garantia ao consumidor de possuir processos ambientalmente corretos e produtos de qualidade a partir do Rótulo Ecológico de Qualidade Ambiental da ABNT que segue a ISO 14020 (SBRAGIA; ROCHA, 2017).

Dentre os itens avaliados estão:

- gestão de resíduos
- coleta de resíduos e reciclagem
- coleta de resíduos específicos
- gestão de água
- gestão de energia
- conservação de ambientes
- conservação de zonas de trânsito de pessoas
- formação dos funcionários
- controle e prevenção de acidentes
- atendimento à legislação ambiental
- atendimento a regulamentos trabalhistas, anti-discriminatórios e de segurança
- utilização de laboratórios de ensaios

A Figura 2.6 mostra as vantagens de se obter um rótulo ecológico e como os processos são cíclicos, com isso há vazão à melhoria continua do processo.

Figura 2.6: A vantagem de se obter um rótulo ecológico ABNT

Fonte: (SUSTENTABILIDADE, 2017)

2.5.3 Norma ISO 14045

A norma ISO 14045 que especifica uma avaliação de ecoeficiência dos produtos, segue parâmetros de processos conforme descritos na Figura 2.7. Estas fases garantem um processo em que se certifica a validade da norma e afirma sua coerência sobre os processos aplicados (ISO14045, 2014).

É possível aplicar a ISO14045 (2014) em diversas áreas como ilustra a Figura 2.7, desde o planejamento e controle orçamentário, até a avaliação de sustentabilidade. A normatização não estabelece requisitos precisos e nem indicadores de medida para a avaliação do método, o que o torna sua aplicação maleável a uma ampla gama de áreas.

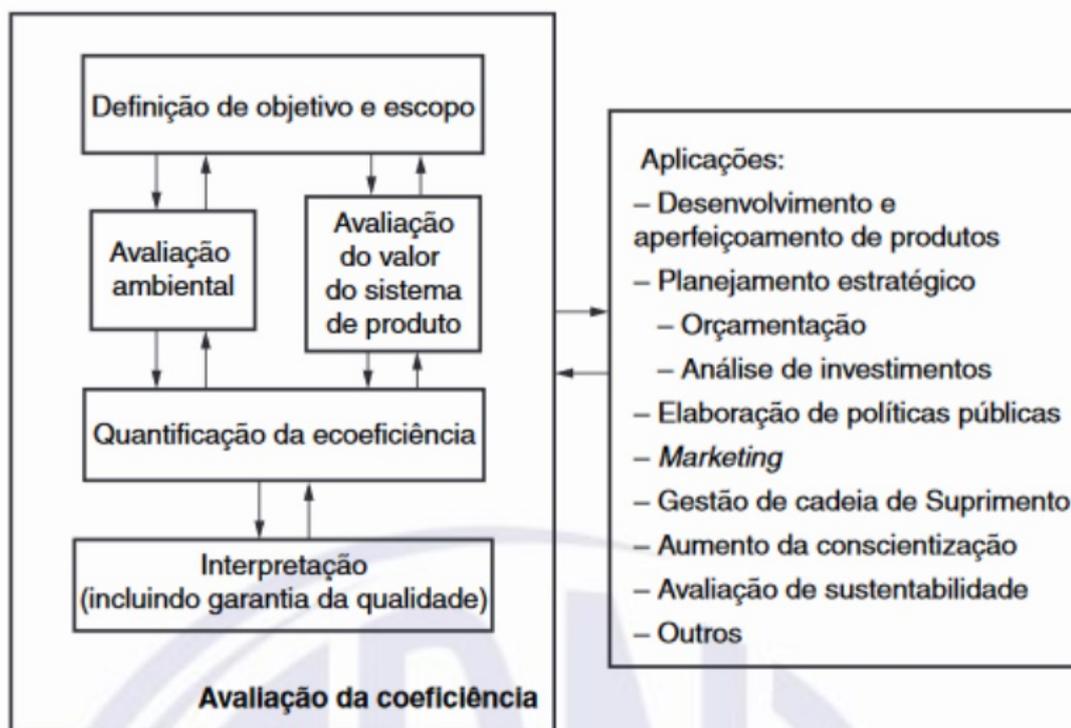
Utiliza-se o ciclo de vida total do produto para a medição da ecoeficiência, desde a extração da matéria prima até o comportamento enquanto produto acabado e seu descarte ao final da vida útil. Os indicadores de ecoeficiência não são claramente definidos pois dependem do instrumento a ser avaliado, mas a norma define requisitos que devem ser aplicados na escolha

dos indicadores:

- o aumento da eficiência para um mesmo valor do sistema de produto deve representar uma melhoria ambiental;
- o aumento da eficiência para um mesmo impacto ambiental deve representar um acréscimo do valor do sistema de produto.

É necessária a comparação dos resultados para a avaliação da ecoeficiência. Nesta comparação, espera-se uma melhoria nos aspectos de desempenho ambiental e valor do sistema de produto.

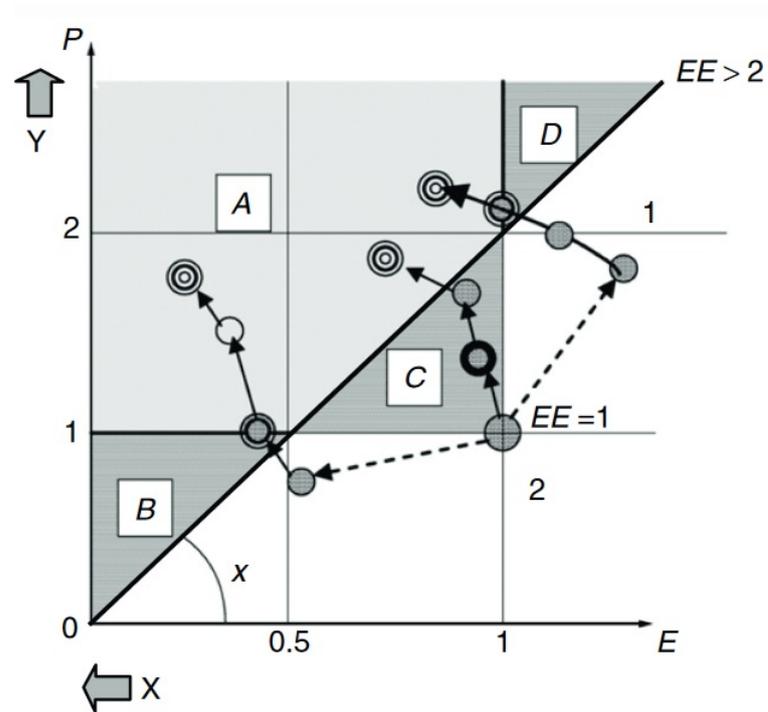
Figura 2.7: Fases de uma avaliação de ecoeficiência e suas aplicações



Fonte: (ISO14045, 2014, p.5)

Com as frequentes atualizações e desenvolvimentos de novas tecnologias, o desenvolvimento dos produtos pode tornar-se mais ou menos ecoeficientes, a Figura 2.8 demonstra uma trajetória de desenvolvimento de um produto em que quanto mais próximos do quadrante B, mais ecoeficiente deve ser o produto, mas muitas vezes ele primeiro passa pelos outros quadrantes até chegar em um desenvolvimento mais favorável e ecoeficiente na medida em que a tecnologia evolui.

Figura 2.8: Trajetórias de desenvolvimento de produto



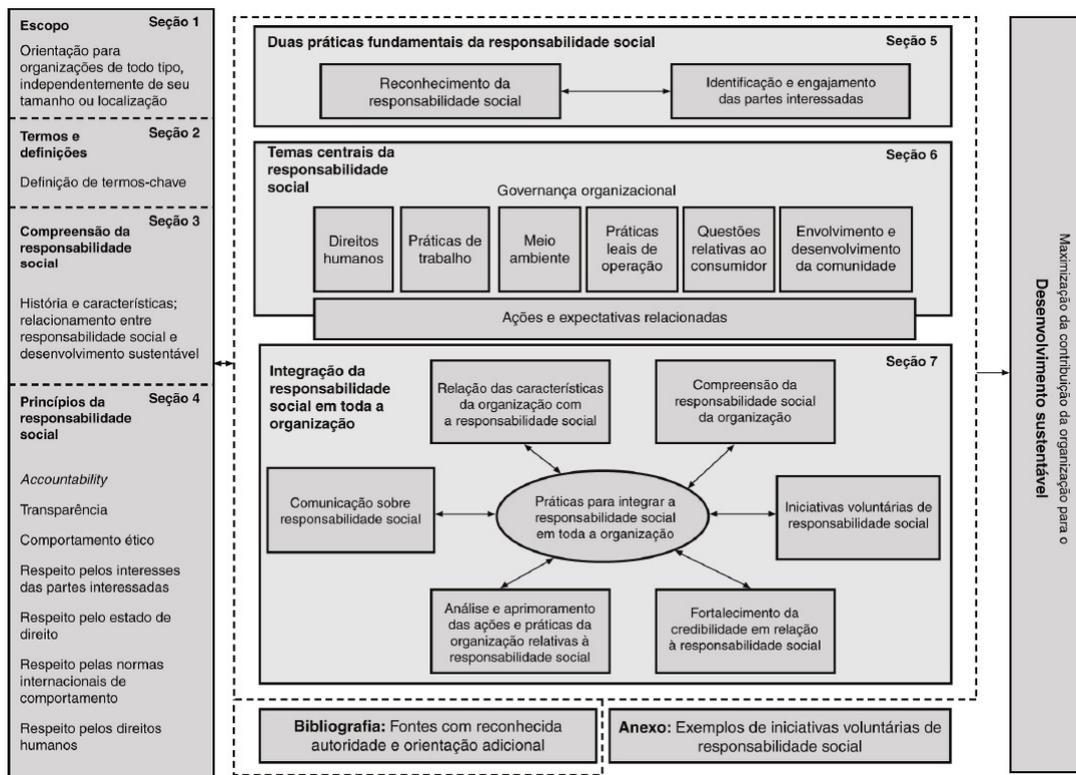
Fonte: (ISO14045, 2014, p.21)

2.5.4 Norma ISO 2600

A Norma ISO 2600 é uma normatização de uso voluntário e, portanto, não se certifica, trata de diretrizes para a Responsabilidade social das organizações, transparência, comportamento ético, legalidade, normas internacionais e direitos humanos (ISO26000, 2010).

A Figura 2.9 demonstra uma visão geral da Norma ISO 2600 e suas características que devem ser consideradas, para ser enquadrado na norma. A norma é dividida em seções para que se possa chegar a um desenvolvimento sustentável por meio das premissas descritas nas seções.

Figura 2.9: Visão geral esquemática da ABNT NBR ISO 26000



Fonte: (ISO26000, 2010, p.11)

Há a seção de responsabilidade social que prega as melhores práticas, e também a seção de governança organizacional, que também tem como princípio as melhores práticas com vistas ao desenvolvimento sustentável. Um norteador existente na norma é que em seu documento com as regulamentações, ela exhibe exemplos de iniciativas voluntárias de responsabilidade social que podem ser seguidas pelas empresas que pretendem implantar a norma.

2.6 Ecological footprint method

Conhecido também como pegada ecológica, o método consiste na utilização de uma área de terra e ecossistema, em que se poderá viver com o que for necessário à subsistência. Também absorver os dejetos produzidos dentro deste espaço delimitado (PARENTE et al., 2007).

O método é utilizado na conscientização das pessoas para o meio ambiente em que vivem e para estreitar relações entre elas e a natureza, deixando evidente a dependência que temos dos recursos. Utiliza-se de três forças naturais: recursos bióticos, balanço energético e categorias de espaço visando promover a sustentabilidade e a equidade entre as gerações ao longo do tempo.

Para o calcular o *ecological footprint method* utiliza-se o Fator de equivalência que repre-

senta a produtividade média de um determinado espaço e sua unidade de medida é em hectare. Utiliza-se também o fator de produção que é divergente de país para país dependendo das condições do solo e clima, ele define uma média de quanto aquele espaço é produtivo de acordo com média do local.

A biocapacidade é mensurada em hectare pela equação:

Biocapacidade= área (estudada) x Fator de equivalência x Fator de produção

O saldo ecológico é calculado pelo *ecological footprint method* menos a biocapacidade, resultando assim no consumo humano das fontes de recursos naturais. Este cálculo é realizado para as atividades como: consumo de água, energia, geração de resíduos, entre outros.

2.7 Uma análise dos diferentes instrumentos

As normas descritas nas seções anteriores demonstram que suas tratativas conseguem ser aplicadas em diferentes tipos de situações e empresas, porém sempre com a missão de melhorar o quesito sustentável de alguma forma.

A Tabela 2.2, ilustra os diferentes instrumentos utilizados nas tratativas de produtos e serviços em diversas áreas do conhecimento. A tabela está estruturada considerando o tripé da sustentabilidade demonstrando se o instrumento se encaixa no tripé sustentável em sua totalidade ou em partes.

Tabela 2.2: Instrumentos considerados no tripé da sustentabilidade

Instrumento	Princípios	Ambiental	Social	Econômico
Norma ISO 14001	Empresas identificar, controlar e monitorar seus aspectos ambientais	x		
Norma ISO 14020	Rotulagem ambiental	x	x	
Norma ISO 14045	Ecoeficiência	x		x
Norma ISO 26000	Norma Internacional de responsabilidade social empresarial		x	x
<i>Ecological footprint method</i>	Pegada ecológica	x		x
Design Universal	Design para todos, visando acessibilidade		x	
Computação Socialmente consciente	Construções computacionais de modo consciente, responsável e culturalmente aceitável		x	
W3C	Diretrizes de acessibilidade a conteúdo WEB		x	

Fonte: Elaborada pelo autor

Dos métodos abordados, pode-se observar que a vertente social do tripé da sustentabilidade vem sendo mais considerada por técnicas já estabelecidas como métodos de apoio à temática, do que as outras duas vertentes, apesar de também terem sido consideradas.

Dentro da vertente social um quesito ainda pouco discutido e que infelizmente ainda faz parte do cenário em que vivemos é a desigualdade de gênero abordada por Kannabiran (2014), e discutida por um ângulo que requer atenção. A sustentabilidade dá margem a esta discussão e embaza-se em percepções ainda que acobertadas desta diferença de tratamento entre os gêneros. Este é um caminho que o viés social da sustentabilidade também precisa percorrer.

Considerando o crescente apoio que as questões de inclusão e acessibilidade têm tido, com o passar dos anos, conforme Baranauskas e Bonacin (2008) os métodos criados para orientação quanto a esta abordagem vem crescendo na mesma proporção. Porém é necessária uma visão holística e ampla para encaixar-se na sustentabilidade. Não é possível considerar a sustentabilidade sem observar suas outras vertentes. Além do social, o ambiental e o econômico também devem ser levados e conta.

Os instrumentos consultados apoiam pouco a questão econômica da sustentabilidade. Acredita-se que como essas questões envolvem um comprometimento maior do alto escalão das organi-

zações, são mais difíceis de se implementar. Mocigemba (2006) ressalta a importância de uma economia justa e uma cadeia produtiva de qualidade e que respeite culturas e princípios regionais.

A questão ambiental é sempre tratada de forma mais concisa, talvez pelos primórdios em que acreditava-se apenas na preservação do meio ambiente como requisito para a sustentabilidade. Vários métodos abordam esta vertente e são as primeiras ações a serem tomadas nas empresas com a finalidade de ser sustentável. Economia de água e reciclar o lixo, são ações que muitas vezes não dependem de muito investimento, apenas de boa vontade, e portanto são mais fáceis de se seguir.

Os conceitos apresentados nesse capítulo, contribuíram de forma grandiosa para o entendimento do assunto e são de suma importância para o andamento da pesquisa. A seguir apresentar-se-ão trabalhos encontrados na literatura, que estão na mesma linha desta pesquisa ou em linhas próximas de raciocínio. Trazendo conhecimento exposto e abrindo o leque de exploração da área.

Capítulo 3

TRABALHOS RELACIONADOS

Para que fosse verificado o que a literatura da computação tem estudado e avançado na questão de design para a sustentabilidade, foco deste trabalho, realizou-se um mapeamento rigoroso em duas bases de dados científicas.

Os mapeamentos de literatura de acordo com Silva (2009), são utilizados para que possa-se conduzir um estudo com etapas bem definidas, em bases sólidas, aumentando-se assim a confiabilidade nos estudos. O mapeamento fornece uma ampla visão sobre uma área de pesquisa, com a possibilidade de identificar ainda algumas tendências ou lacunas a serem exploradas. Detalhar-se-á a seguir o caminho percorrido para a realização do mapeamento.

3.1 Protocolo do mapeamento

Na realização do mapeamento utilizou-se duas bases de dados científicas. A escolha das bases deu-se pela relevância que elas possuem para a área da computação, e também por indexar outras bases ao seu conjunto de materiais retornados, com isso espera-se encontrar um amplo material de estudos. Utilizar-se-á *IEEE Xplore Digital Library*¹ e *ACM Digital Library*².

A questão problema a ser resolvida pelo mapeamento realizado foi: Há métodos ou técnicas que auxiliem na construção de design de soluções computacionais visando a sustentabilidade? Por meio desta questão espera-se conseguir averiguar o que tem-se feito no design de soluções com vistas à sustentabilidade.

O mapeamento da literatura dar-se-á no período dos últimos 13 anos, ou seja, no período do ano de 2005 a 2018. Optou-se pela investigação dos últimos treze anos, por acreditar que

¹<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

²<https://dl.acm.org/>

seja um período em que se tenha um conteúdo mais relevante, tendo em vista ser um assunto recente e suas primeiras discussões iniciaram-se na última década.

Na base de dados da ACM, não há publicações relacionadas ao proposto pelo mapeamento realizado, de acordo com os filtros de busca, anteriores ao ano de 2005. Na base de dados IEEE há trabalhos anteriores à esta data, porém forem considerados apenas as publicações realizadas após o ano de 2005.

Os critérios de inclusão e exclusão estão detalhados na Tabela 3.1, e foram definidos de acordo com o objetivo do mapeamento e o que se espera encontrar nas bases de dados estudadas.

Tabela 3.1: Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão (CI)	Critérios de exclusão (CE)
CI-1: Apresentam um método ou técnica para o design de soluções	CE-1: Não trate dos temas sustentabilidade e design de soluções
CI-2: Tratem de sustentabilidade na área da computação	CE-2: Não seja um artigo científico, ou seja, workshops, documentos resumidos e apresentações
CI-3: Possuam orientações ao design de soluções	CE-3: Estudos que não possuam versões completas disponíveis

Fonte: Elaborada pelo autor

A construção da string de busca foi feita baseando-se nas questões norteadoras do mapeamento. Nas bases de dados IEEE e na ACM, aplicou-se a seguinte string de busca: (design for sustainability). Essa string de busca foi aplicada nas palavras chave dos artigos.

A string de busca ACM

"query": keywords.author.keyword:(+design +for +sustainability) , resources%2Eft %2EresourceFormat%3DPDF

String de busca IEEE

Displaying results 1-25 of 66 for ("Author Keywords":design for sustainability) Filters Applied: Conferences Journals & Magazines sustainable development design for environment design engineering product design 2005 - 2018

O resultado das buscas na base de dados ACM, retornou 13 artigos, e de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados para leitura 5 artigos, dos 13 retornados, conforme demonstra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Artigos retornados na base ACM

ID	Título do Artigo	Autor	Situação
1	Challenging the Role of Design(Ing) in the Sustainability Field: Towards a 'Humble' Design Approach	Annelise de Jong, Elin Önnvall, Lizette Reitsma, Stina Wessmann	Excluído
2	Design for Survivability: A Participatory Design fiction Approach to Sustainability	Edward Burnell	Incluído
3	Regenerative Computing: De-limiting Hope	Samuel Mann , Oliver Bates, Glenys Forsyth, Phil Osborne	Incluído
4	Seeing What Is and What Can Be: On Sustainability, Respect for Work, and Design for Respect	Eli Blevis	Incluído
5	A Role-Playing Simulation to Support Assessment of Sustainable Sociotechnical Systems for and by Citizens	Chloé Le Bail, Françoise Détienne, Michael J. Baker	Incluído
6	Mixing Languages': Image Schema Inspired Designs for Rural Africa	Diana Löffler, Klara Lindner, Jörn Hurtienne	Excluído
7	Information Systems in a Future of Decreased and Redistributed Global Growth	Bill Tomlinson , Benoit A. Aubert	Excluído
8	On Creating and Sustaining Alternatives: The Case of Danish Telehealth	Morten Kyng	Excluído
9	Workshop on Longitudinal Human-Robot Teaming	Joachim de Greeff, Bradley Hayes, Matthew Gombolay, Matthew Johnson, Mark Neerincx, Jurriaan van Diggelen, Melissa Cefkin, Ivana Kruijff-Korbayová	Excluído
10	Designing with Unconscious Human Behaviors for Eco-friendly Interaction	Minjung Sohn, Tekjin Nam, Woohun Lee	Incluído
11	Reinforcing preliminary design strategy selection guidelines with insight from Fogg's behaviour grid	Johannes Zachrisson Daae, Casper Boks	Excluído
12	Discrete event simulation to generate requirements specification for sustainable manufacturing systems design	Björn Johansson, Anders Skoogh, Mahesh Mani, Swee Leong	Excluído
13	Design space and opportunities for physical movement participation in everyday life	Helena Tobiasson, Anders Hedman, Yngve Sundblad	Excluído

Fonte: Elaborada pelo autor

A seleção para a leitura dos artigos completos se deu após a análise de título e resumo dos artigos retornados. Posteriormente à leitura do que foi selecionado de acordo com o resumo, sobraram para serem aproveitados ao trabalho 4 artigos da base ACM.

O resultado das buscas na base de dados IEEE, retornou 66 artigos, e de acordo com os critérios de inclusão e exclusão foram selecionados para leitura 11 artigos, dos 66 retornados, conforme demonstra a Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Artigos retornados na base IEEE

ID	Título do artigo	Autor	Situação
1	Sustainability Design and Software: The Karlskrona Manifesto	C. Becker; R. Chitchyan; L. Duboc; S. Easterbrook; B. Penzenstadler; N. Seyff; C. C. Venters	incluído
2	Toward Architecture Knowledge Sustainability: Extending System Longevity	R. Capilla; E. Y. Nakagawa; U. Zdun; C. Carrillo	incluído
3	Everything is INTERRELATED: Teaching Software Engineering for Sustainability	B. Penzenstadler; S. Betz; C. C. Venters; R. Chitchyan; J. Porras; N. Seyff; L. Duboc; C. Becker	excluído
4	A Project Based Learning through International Collaboration with Students, Inhabitants and Local Professionals	S. Nishimura; S. Boda; N. Sakurai	excluído
5	Requirements: The Key to Sustainability	C. Becker; S. Betz; R. Chitchyan; L. Duboc; S. M. Easterbrook; B. Penzenstadler; N. Seyff; C. C. Venters	incluído
6	Empirical study on aesthetics as an influencing factor on sustainability	L. Hagedorn; T. Buchert; R. Stark	incluído
7	Sustainability Design in Requirements Engineering: State of Practice	R. Chitchyan; C. Becker; S. Betz; L. Duboc; B. Penzenstadler; N. Seyff; C. C. Venters	incluído
8	Managing the design and development of high-performance buildings through integrated design	W. Beetge; D. De Canha; J. Pretorius	excluído
9	CAD tools for sustainable design	A. Zeid	incluído
10	4th International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS 2015)	M. Morisio; P. Lago; N. Meyer; H. A. Müller; G. Scanniello	excluído
11	"Virtuous cycles" for rural innovation and agri-entrepreneurship development	J. van Rensburg	excluído
12	Sustainable concrete mix - Design: Evolutionary algorithm approach	S. Dan; S. V. Barai	excluído
13	Hí-Vita: A transmedia platform about Madeira's nature and culture	C. Silva; A. Bettencourt; M. Dionísio; D. Castro; D. Dionísio; D. Teixeira; V. Nisi	excluído
14	In/out energy Design r-evolution	C. Langella; M. A. Sbordone; R. Veneziano; G. Scalera	excluído
15	Design for sustainable mass-customization: Design guidelines for sustainable mass-customized products	J. Osorio; D. Romero; M. Betancur; A. Molina	incluído
16	Design and analysis of solar devices in public places to help meet energy demand	J. Roberts; J. Halversen; C. Running; N. Johnson; J. Salmon	excluído
17	A framework design for sustainability of green data center	S. Ramli; D. I. Jambari; U. A. Mokhtar	excluído
18	Decision Support System for the Sustainability Assessment of Critical Raw Materials in SMEs	S. Bensch; C. Kolotzek; C. Helbig; A. Thorenz; A. Tuma	incluído
19	Designing sustainable supply chains based on the Triple Bottom Line approach	J. R. Montoya-Torres	excluído
20	Motivational Psychology Driven AC Management Scheme: A Responsive Design Approach	W. Tushar; C. Yuen; W. Li; D. B. Smith; T. Saha; K. L. Wood	excluído

21	A QFD-based methodology to support Product-Service design in manufacturing industry	M. Peruzzini; E. Marilungo; M. Germani	excluído
22	Competitiveness experiences of Botswana SMEs in the leather industry and their perceptions of sustainability and product service systems	Y. Rapitsenyane; T. Bhamra; R. Trimmingham	excluído
23	An autopoietic approach for building modular design system	H. Qiao; R. Mo; Y. Xiang; M. Franke; K. A. Hribernik; K. Thoben	excluído
24	Solar playgrounds: A design feasibility study	J. Ellsworth; I. Oveson; J. Salmon	excluído
25	Toward sustainable manufacturing through PLM, GIS and LCA interaction	K. Vadoudi; N. Troussier; T. W. Zhu	incluído
26	Promoting Sustainable Innovation in Technology Enhanced Learning: A Teacher and Pupil Study Using Mobile Digital Storytelling (mDS)	S. Nordmark; M. Milrad	excluído
27	Urban furniture for Smartcity: Augmented reality and sustainability for public use	M. J. Lamsfus; M. P. Cazorla; L. M. Sanjuán	excluído
28	Approximate Life Cycle Assessment via Case-Based Reasoning for Eco-Design	M. Jeong; J. R. Morrison; H. Suh	excluído
29	User modeling with limited data: Application to stakeholder-driven watershed design	S. Mukhopadhyay; V. B. Singh; M. Babbar-Sebens	excluído
30	Building Sustainable Software by Preemptive Architectural Design Using Tactic-Equipped Patterns	D. Kim; J. Ryoo; S. Kim	excluído
31	Optimal Design for Symbiotic Wearable Wireless Sensors	P. Bagade; A. Banerjee; S. K. S. Gupta	excluído
32	Case-based reasoning system for predicting the sustainability of a telecentre	A. D. Ayoung; B. Sigweni; P. Abbott	excluído
33	Toward a Design Theory for Green Information Systems	J. Recker	excluído
34	A framework to identify sustainability indicators for product design	S. Kim; S. K. Moon; H. S. Oh; T. Park; H. Choi; H. Son	incluído
35	Small wind turbines in smart grids. Transformation of electrical machines in permanent magnet synchronous generators	J. S. Artal-Sevil; R. Dufo; J. A. Domínguez; J. L. Bernal-Agustín	excluído
36	Software engineering master's program and Green IT: The design of the software Engineering Sustainability course	I. Turkin; Y. Vykhodets	excluído
37	Sustainable product design under resource scarcity	Y. Lin; H. Sun; S. Wang	excluído
38	Design-Enabled Participatory City Making	J. I. J. C. De Koning; E. Puerari; I. J. Mulder; D. A. Loorbach	excluído
39	Sustainability and Requirements: A Manifesto	B. Penzenstadler	excluído
40	Sustainable Architectural Design Decisions	Uwe Zdun; Rafael Capilla; Huy Tran; Olaf Zimmermann	excluído
41	Work in progress — Sustainability and senior design at the University of San Diego	Susan M. Lord ; Charles N. Pateros	excluído
42	Biologically Inspired Design: A New Program for Computational Sustainability	Ashok K. Goel	excluído
43	Sustainability design: Reduction of vehicle mass without compromising crashworthiness	Faris Tarlochan; Ahmad Faridz	excluído
44	Sustainable engineering design at James Madison University	Eric C. Pappas; Ronald G. Kander	excluído
45	Notice of Retraction “Green and harmony” idea study based on the sustainable universal design	Yongxiang Liu; Yan Hou	excluído
46	Integrated design approach - urban design for sustainability	Ali Cheshmehzangi; Yan Zhu; Bo Li	excluído
47	Creating Green Awareness Using IT: The Case of Hong Kong	Wai-Ming To; Andy W.L. Chung; Linda S.L. Lai	excluído

48	Total Quality Management - A tool for design for environment	F. Francis	excluído
49	Life cycle assessment of three dwellings in Andalusia (Spain): The significance of building type and materials selection	Antonio García Martínez; Carmen Llatas Oliver; Jaime Navarro Casas	excluído
50	A new approach to realize sustainability — Integrated design under the product and service system framework	Xing Liu; Xiaobo Qian; Xiaojiang Zhou	excluído
51	The Evolution of Design for Sustainability Courses	J.C. Diehl; C. Boks; S. Silvester	excluído
52	It's not about the planet-Embracing eco-design, driving competitive advantage	Richard S.G. Chipps	excluído
53	Architecting ultra-large-scale green information systems	Hong-Mei Chen; Rick Kazman	excluído
54	The role of accessibility in energy and waste saving	Mireia Ferri Sanz; Estrella Durá Ferrandis; Jorge Garcés Ferrer	excluído
55	Integrating developmental instruction in sustainability contexts into an undergraduate engineering design curriculum: Level two	Eric Pappas ; Olga Pierrakos	excluído
56	Towards creating a sustainable design eco-system for MSMEs: A design clinic approach	Shashank Mehta	excluído
57	Overcoming technical constraints for obtaining sustainable development with open source appropriate technology	Joshua M. Pearce; Usman Mushtaq	excluído
58	Ecodesign and Renewable Energy: How to Integrate Renewable Energy Technologies into Consumer Products	A. Mestre; Jan Carel Diehl	excluído
59	Fuzzy Cognitive Maps for Product Planning: Using Stakeholder Knowledge to Achieve Corporate Responsibility	Antonie J. Jetter; Richard C. Sperry	excluído
60	Ecodesign Knowledge Transfer: How to take the Economical and Cultural Context of the Receiver into Consideration	Jan Carel Diehl	excluído
61	Green New Product Development: The Pivotal Role of Product Greenness	Paul H. Driessen; Bas Hillebrand; Robert A. W. Kok; Theo M. M. Verhallen	excluído
62	Technological-ecological networks for sustainable process design	Robert A. Urban; Bhavik R. Bakshi	excluído
63	Application of green technologies in developing countries — Reduced carbon emission and conservation of energy	Manimegalai Sithan; Loi Lei Lai	excluído
64	Linking green product innovation, technological and human resource capabilities: A conceptual model	Fadhilah Zahari; Ramayah Thurasamy	excluído
65	D.L.D., Dynamic Lighting Design: Parametric Interactive Lighting Software in Urban Public Space	Aimilia Karamouzi; Dimitris Papalexopoulos; Athina Stavridou; Sonia Tzimopoulou; Tasos Varoudis	excluído
66	Integrating developmental instruction in sustainability contexts into an undergraduate engineering design curriculum: Level one	Eric Pappas; Olga Pierrakos	excluído

Fonte: Elaborada pelo autor

A seleção para a leitura dos artigos completos se deu após a análise de título e resumo dos

artigos retornados. Posteriormente à leitura do que foi selecionado de acordo com o resumo, sobraram para serem aproveitados ao trabalho 7 artigos da base IEEE.

De acordo com os critérios de exclusão (CE), descritos na Tabela 3.1, os artigos excluídos nas bases de dados utilizadas, em sua maioria foram excluídos, por não tratarem a temática de sustentabilidade, ou não tratar design de soluções. A Tabela 3.4 mostra os critérios de exclusão adotados no mapeamento e quais os artigos, pelo seu ID, foram excluído por determinado critério, separados pela sua base de dados em que foi encontrado.

Tabela 3.4: Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão

Critério	ACM	IEEE
CE 1	5, 6, 7, 8, 11, 12, 13	4, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66
CE 2	1, 9	3, 10, 22, 27, 36, 39, 52, 55
CE 3		12, 23, 40, 41, 44

Fonte: Elaborada pelo autor

3.2 Análise dos trabalhos encontrados no mapeamento sistemático

3.2.1 Trabalhos que consideram processos de design

O trabalho de Burnell (2018) defende a incorporação da sustentabilidade na concepção de produtos e artefatos comerciais, e ainda considera o modelo de sustentabilidade dentro do tripé, de acordo com os aspectos ambientais, sociais e econômicos na construção dos produtos. Expõe uma sustentabilidade de forma integrativa, porém, diz que às vezes ela se torna utópica, pela divergência de opiniões acerca do assunto.

A conversa com os participantes da concepção de design de produtos, segundo Burnell (2018), deve ser estreita e a necessidade de concordância entre o conceito de sustentabilidade se etapa posterior consiste em examinar os aspectos do processo incorporando a sustentabilidade.

Os principais aspectos no ciclo de vida dos produtos visando o design para a sustentabilidade, conforme Burnell (2018), são a fabricação e o descarte. O profissional do design de produto opera como um facilitador para as outras pessoas envolvidas. O autor ainda defende

que a análise que o mesmo chama de "Survivability", um conceito de sobrevivência³, é um fator crucial para a integração da sustentabilidade nos processos.

Burnell (2018) compara o seu processo de design com o descrito por Waage (2007), que também possui um trabalho voltado ao design geral, ou seja, design de quaisquer tipos de solução. O autor acredita que a fase de design, é o ponto chave para introduzir considerações de sustentabilidade, pois, as decisões nesta fase determinam 70% (setenta por cento) dos custos envolvidos no desenvolvimento de produtos.

O trabalho denominado "Re-considering product design: a practical "road-map" for sustainability issues" propõe um 'trajeto guiado'⁴, em que são inseridos questões de sustentabilidade nas fases do processo de design.

A abordagem de decisão de design são divididas conforme demonstra a Tabela 3.5, em que pode-se observar os processos de design e como o autor instancia a sustentabilidade nos processos.

³Tradução livre

⁴Tradução livre

Tabela 3.5: Design de produto sobreposto pelo processo sustentável

Processo de Design	Processo de sustentabilidade por designers
1. Compreendendo necessidade ou produto	A. Estabelecer o Contexto de Sustentabilidade Problemas de sustentabilidade em relação ao cliente e ao produto.
2. Explore soluções potenciais	B. Definir questões de sustentabilidade através de mapeamento e análise de sustentabilidade
3. Define / Refine opções de design	C. Avaliar e considerar potenciais percursos em relação a visão de uma solução
4. Implementação	D. Atuar / Receber comentários - Criar e lançar produtos / serviços orientados para a sustentabilidade - Avaliar e (re) avaliar em termos de definição de sustentabilidade e contexto

Fonte: Adaptado de Waage (2007, p. 643)

De acordo com Waage (2007), as políticas do governo deveriam apoiar mais em termos de regulamentação e informações de processos sustentáveis. Tornando disponível o acesso a informações para auxiliar as pessoas e profissionais. As empresas estão apenas iniciando o processo de entender o impacto que seus produtos causam e os designers precisam focar também na desmaterialização dos produtos por eles desenhados.

Burnell (2018) faz um paralelo entre a sua discussão de design e a defendida por Waage (2007), em que prega que o conceito defendido pelo seu trabalho é um complemento ao processo de design para a sustentabilidade tradicional de Waage (2007). A Figura 3.1, mostra no algoritmo 1 o processo de design defendido por Waage (2007), com suas etapas e definições de sustentabilidade nos processos de desenvolvimento. Os algoritmos 2 e 3 demonstram o ponto de vista de Burnell (2018) defendendo que o princípio da sobrevivência incorpora e complementa os processos de design para a sustentabilidade.

Figura 3.1: Comparativo de algoritmos de design

Algorithm 1: Sustainability decision-making [22]	Algorithm 2: Survivability decision-making
<p>Input: Corporate managers and designers. <i>Optional:</i> shifting regulatory landscape, challenging material sourcing (particularly in regard to the endangerment of habitat or species), activist pressures, consumer requests for “healthy” or “environmentally and socially responsible” products</p> <p>Output: Actions that should be taken.</p> <p>Level 1 Defining the system</p> <ul style="list-style-type: none"> • How is the system itself constituted? • What are the relevant principles for the constitution of the system, including both ecological and social principles? <p>Level 2 Identifying outcomes and success</p> <ul style="list-style-type: none"> • How can sustainability be defined? • What are the basic mechanisms by which humanity can destroy the system? • What are the principles for sustainability (i.e., a successful outcome)? <p>Level 3 Articulating strategies</p> <ul style="list-style-type: none"> • What are strategic and actionable principles for sustainable development? <p>Level 4 Determining actions</p> <ul style="list-style-type: none"> • What concrete actions should be undertaken? <p>Level 5 Listing available assessment tools</p> <p>What tools would help us:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manage and monitor actions for compliance, • build capacity for effective actions, and • measure if progress had the intended effect? 	<p>Input: Designers, stakeholders, other participants. <i>Optional:</i> endangered materials, habitats, and species, critical research or journalism</p> <p>Output: Design changes, scenarios for future reuse.</p> <p>while <i>new consensus scenarios are still arising</i> Discuss extinctions this design might cause. Choose separately which to explore.</p> <p>for each <i>survivability</i> The scenario is told by its Storyteller It is critiqued by the group if <i>the storyteller wants to then</i> they rewrite and tell it a second time if <i>any stories are agreed by all to be possible or interesting</i> then Determine how to avoid these scenarios;</p> <hr/> <p>Algorithm 3: Process comparison experiment</p> <p>Input: Respondents to an call for study participants. Numerical and narrative background material.</p> <p>Output: Group discussion, design decisions, and individual pre- and post-surveys.</p> <p>Divide participants into groups of 4-7.</p> <p>for each <i>group describe</i> their design challenge and the Sustainability or Survivability process they will be using.</p> <p>to each <i>participant give</i> time alone with documents containing information (numerical or narrative) about the product they are to design.</p> <p>Participants are brought back into groups to follow the design process. They can read but not show it their personal information to their collaborators as they go through the design process.</p>

Fonte: (BURNELL, 2018, p.3)

A inserção da sustentabilidade nestes processos de design demonstra o caminho a ser trilhado contribuindo para a trajetória deste trabalho. Pretende-se inserir a sustentabilidade em processos de design computacionais e, não em processos de qualquer tipo de soluções, conforme descritos nos trabalhos acima citados.

3.2.2 Design de interação sustentável

Para Blevis (2018), é uma questão tanto ética quanto prática, o modo sustentável de ser, e isso precisa ser refletido no design, para que o design realmente seja importante na crença do autor. Ele também discute outras perspectivas como o papel do design na inovação dos produtos, no crescimento econômico e na experiência e o design como um encantador aos usuários, porém considera que estas perspectivas de design não são excludentes e podem coexistir com a sustentabilidade sendo fundamental ao design.

Neste trabalho, Blevis (2018) enfatiza o design para o respeito, elencando fatores políticos

e apoio a diferentes economias inter-culturais. Defende que o design projetado influencia a sustentabilidade política global entre nações com diferentes forças políticas e reforça, "Projetar para o respeito pode até mesmo ajudar a proteger o mundo de mal-entendidos econômicos, guerras ou coisas piores"(BLEVIS, 2018, p.10).

A responsabilidade social em projetar soluções para o respeito entre as nações reforça o pilar social da sustentabilidade, que Blevis (2018) têm incorporado em seu recente trabalho. O autor sempre defendeu a sustentabilidade principalmente na área de Interação Humano Computador (IHC), e é um entusiasta da causa, mas em trabalhos anteriores focava apenas no pilar ambiental da sustentabilidade.

Um de seus trabalhos anteriores que merece destaque é o artigo "Sustainable Interaction Design: Invention & Disposal, Renewal & Reuse", em que Blevis (2007) conceitua o termo de sustentabilidade como um todo, considerando-o dentro do tripé. No entanto, tende a um foco para a sustentabilidade ambiental, em que faz um link entre as tecnologias interativas e o consumo de recursos.

No artigo são propostos, o que o autor denomina como rubricas, ou seja, cinco princípios para entender e avaliar o design de interação de forma particular nos termos de formas de uso, reutilização e perspectiva de sustentabilidade. A esta perspectiva o autor denomina *Sustainable Interaction Design* (SID).

Blevis (2007) discute também, a promoção da renovação e reuso dos materiais, em que é preciso a modernização e renovação das antigas soluções, e que estas atitudes podem superar os benefícios ambientais das soluções. Defende que é necessário mudanças de cultura para que, consertar os equipamentos seja um hábito ao invés de descartá-los.

A sustentabilidade ambiental e social estão intimamente ligadas, mas precisam ainda abraçarem a causa econômica, a reflexão entre os dois pilares é um passo importante, porém como Blevis (2018) relata, não é respeitoso projetar algo que não seja economicamente acessível à população, no entanto o autor não trata a causa econômica em sua pesquisa.

O design proposto por Mann et al. (2018), é regenerativo, assim como Blevis (2007), tem uma teoria centrada no design sustentável tendido ao meio ambiental, estabelecendo limites regenerativos, em prol de um futuro de desenvolvimento próspero. Acredita ser de difícil entendimento a relação entre a computação e o design regenerativo, apesar de estarem intimamente ligados, diz o autor. A visão de alternativas viáveis ao design como é feito atualmente gera a sustentabilidade regenerativa.

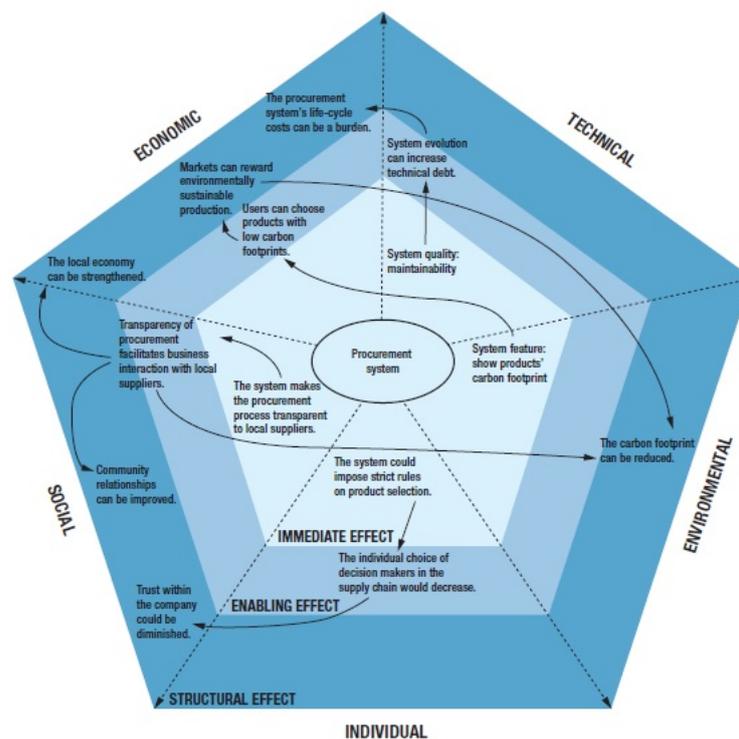
O novo design regenerativo ocupa-se em olhar a natureza e a ecologia como demonstrador

da interação entre a computação, a sociedade e os sistemas biológicos (MANN et al., 2018). O autor cita que esta relação deve ser baseada em : inclusividade, harmonia, respeito, integridade, mutualidade, irmandade, reciprocidade positiva, responsabilidade e humildade.

Projetar de uma forma alternativa, para que seja possível, não continuar enraizado as crenças otimistas e tecno-utópicas, é o primeiro passo no sentido de projetar para a esperança de um mundo melhor. A motivação de Mann et al. (2018) é o design biofílico, englobando-se assim uma visão ecológica do mundo.

Becker et al. (2016) estabelecem alguns requisitos chave para o design sustentável de acordo com seus estudos, exibido na Figura 3.2. Os conceitos demonstrados devem ser pensados junto com a reflexão do design de engenharia de software. Na discussão do projeto pensa-se em responsabilidades e acúmulo de efeitos nas cinco dimensões consideradas.

Figura 3.2: Cinco dimensões da sustentabilidade



Fonte:(BECKER et al., 2016, p.61)

As dimensões técnicas e individual, divididas por Becker et al. (2016), são incorporadas pelo tripé sustentável, na concepção da grande maioria dos outros autores que tratam a temática. O que o autor considera como a esfera individual por exemplo, é tratado na esfera ambiental como a decisão de escolhas para a concepção de produtos.

O design de interação eco-amigável é investigado por Sohn et al. (2009). Os autores

utilizam-se de alguns testes com instrumentos que conscientizam o usuário para a economia, como por exemplo o velocímetro de um carro que mede a ecoeficiência enquanto se está no trânsito.

Ressaltam a necessidade de diretrizes para um melhor entendimento do processo de design com essa intenção, porém abordam apenas a sustentabilidade ambiental, não incluindo os pilares social e econômico em suas abordagens.

As pesquisas evoluíram desde 2009, ano em que se deu a pesquisa de Sohn et al. (2009), que incluem a totalidade do termo de sustentabilidade, mas nesta época já se vislumbrava a necessidade de orientação aos designs.

3.2.3 Ciclo de vida do produto

De acordo com Osorio et al. (2014), é possível definir uma abordagem customizável para os requisitos de design de produto sustentável. É importante definir as particularidades para um re-design de produto caracterizado em um quadro sustentável e personalizado. O autor cita que o design para ecologia, surgiu nos anos 90 e enfatizava o ciclo de vida dos produtos, como a matéria-prima na construção, o uso e o descarte correto ao fim da sua vida útil.

A fabricação em massa dos produtos, como as linhas de produção, minimizam a possibilidade de personalização dos produtos, mas Osorio et al. (2014) defendem que é possível, diminuindo ainda o desperdício de matéria-prima, se suas cadeias de valor obtivessem informações precisas sobre demanda. Os produtos feitos sob medida e com personalizações em massa possuem custo acessível, o que possibilita uma melhor aceitação pelos clientes e ainda uma margem de lucro interessante.

Os produtos que são customizáveis em massa não possuem um ciclo de vida bem definido, pois estão em constante aprimoramento, ou podem tornar-se obsoletos. Osorio et al. (2014) descrevem um Design para a sustentabilidade de produção em massa customizável (DFSMC), em que define diretrizes para a linha de produção com vistas à sustentabilidade.

Em sua grande maioria as diretrizes são para o físico das produções, e o restante orientando o gerenciamento para que se evite o desperdício, e atenda ao cliente da melhor forma possível, fidelizando e garantindo lucro. Osorio et al. (2014) ressaltam que para a criação de produtos customizáveis em massa sustentáveis é necessário realizar os requisitos de design unificados com a necessidade dos clientes.

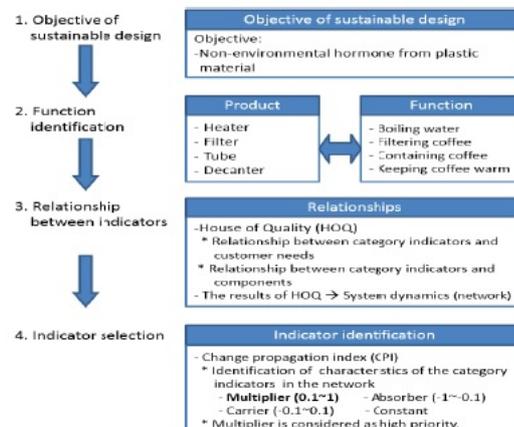
Kim et al. (2014) propõem indicadores para um design sustentável. O autor discorre sobre o

conceito amplo de sustentabilidade, e o quão difícil pode ser identificar indicadores adequados para uma abordagem de design de produto. Então separa em indicadores :

- indicador de sustentabilidade ambiental, para proteger os recursos naturais e meio ambiente;
- indicador de sustentabilidade econômica, relacionado ao lucro e custos durante o ciclo de vida dos produtos
- indicador de sustentabilidade social, refletindo-se nos costumes, cultura e satisfação do cliente.

No estudo de caso realizado por Kim et al. (2014), os autores explicam que é necessário selecionar os indicadores de sustentabilidade de acordo com o propósito da empresa, e portanto propôs um quadro que pode ser visto na Figura 3.3, em que seleciona os indicadores de sustentabilidade de acordo com regulamentação legislativa e necessidade sustentável da empresa, para que uma máquina de café se torne mais sustentável.

Figura 3.3: Processo de aplicação de indicadores de sustentabilidade em uma máquina de café



Fonte: (KIM et al., 2014, p.47)

O que os autores denominam como indicadores de sustentabilidade, na verdade é apenas a aplicação do termo em si, não evoluindo o processo de uma maneira a tornar o produto do design mais sustentável. Muitas vezes ele vai apenas abranger uma ou duas vertentes do tripé sustentável com seu tipo de abordagem.

3.2.4 Sustentabilidade ambiental no hardware

Bensch et al. (2015), abordam a sustentabilidade ambiental das empresas, por meio dos sistemas de apoio à decisão. Não leva em consideração os aspectos econômicos da sustentabilidade e acredita que os aspectos sociais são interdisciplinares, dependendo de esforços inerentes aos sistemas de apoio à decisão.

O sistema de apoio à decisão descrito por Bensch et al. (2015), consideram a criticidade das matérias-primas medindo desempenho das mesmas nas dimensões ecológicas e econômicas. Desconsiderando que um sistema sustentável também deve-se ponderar os aspectos sociais. O sistema desenvolvido, apoia a sustentabilidade de produtos em cadeias de suprimentos, apontando possíveis compensações de matérias-primas com vistas à produção de artefatos mais sustentáveis.

Zeid (2015) descreve em seu trabalho diretrizes qualitativas para o design de soluções sustentáveis. Mas, assim como Bensch et al. (2015), o trabalho também é inclinado ao quesito ambiental de sustentabilidade, abordando pouco ou quase nada as outras vertentes do termo.

As oito diretrizes traçadas por Zeid (2015) são:

- minimizar o consumo de energia;
- usar materiais seguros e de baixo impacto;
- usar processos de fabricação eficientes;
- minimizar ou reduzir a pegada de carbono, para proteger a qualidade do ar;
- utilizar a avaliação do ciclo de vida dos produtos;
- reutilizar e reciclar;
- aumentar a qualidade e durabilidade dos produtos;
- compartilhar recursos.

Com base nestes conceitos, o design das peças são desenvolvidos observando-se o material utilizado para a construção de acordo com os fatores de impacto. Também é utilizado um software de apoio à decisão para que se possa medir esses impactos dos materiais (ZEID, 2015).

Todas estas iniciativas as quais compõem o estado da arte, estão a trilhar o caminho da sustentabilidade nas soluções computacionais de algum modo. Em sua grande maioria os trabalhos

encontrados tratam a sustentabilidade, em outros tipos de estudo, que não sejam o de orientação a profissionais engajados na concepção de soluções.

Trabalhos como o de Hagedorn et al. (2017) mostram por meio de questionários aplicados que as pessoas ainda não possuem ciência sobre o termo de sustentabilidade englobando os aspectos social, econômico e ecológico. O estudo de Oliveira et al. (2016) também comprova esta afirmação. Os autores concordam que projetar com vistas à sustentabilidade é um desafio a ser vencido.

3.2.5 Trabalhos encontrados nas referências bibliográficas

Observando-se a bibliografia dos trabalhos retornados pelo mapeamento sistemático, encontrou-se ainda dois que chamaram a atenção. O estudo de Stegall (2006), segue o viés de design intencional. Em seu trabalho, o autor discute que a prática do design para sustentabilidade deve ir além da formulação de produtos sustentáveis e fomentar nas pessoas o incentivo à sustentabilidade por meio das soluções projetadas.

O design intencional é utilizado para despertar nas pessoas o modo de como elas vivem e conscientemente fazem escolhas positivas construtivas para a vida. Com isso, causando um comportamento social nos indivíduos de modo a construir uma sociedade mais sustentável.

Algumas características na filosofia do propósito são utilizadas no design intencional e ajudam a orientar a prática do design para garantir que os novos produtos irão promover a vida sustentável e a alfabetização ecológica. Utiliza-se o design de “berço a berço”, que é quando os produtos são criados já visando que ao fim da sua via útil eles se tornem parte de um novo produto, seguindo assim o ciclo natural dos artefatos a fim da construção da solução sustentável (STEGALL, 2006).

Uma outra frente de pesquisa para o design sustentável é o trabalho de Mustaquim e Nyström (2013), em que são discutidos níveis de inovação no design universal para a sustentabilidade. Os autores consideram o design universal como um componente-chave para o design sustentável.

Em sua definição é considerado design universal, aquele que seja acessível a maioria das pessoas, em que se prevê o uso do artefato em diferentes situações e para diferentes tipos de pessoas, sejam deficientes ou até mesmo idosos.

A Figura 3.4 ilustra a intersecção entre o design universal e a sustentabilidade segundo Mustaquim e Nyström (2013). A evolução do design, aliada a persuasão e ao conhecimento

podem contribuir para o design sustentável de maneira significativa e assertiva. Neste sentido é preciso o repensar de novas práticas conceitos e métodos para a evolução deste design e preencher a lacuna deixada neste quesito.

Figura 3.4: Espaço de design universal para a sustentabilidade



Fonte: (MUSTAQUIM; NYSTRÖM, 2013, p.117)

Os autores da Figura 3.4 relatam que o design é um gatilho para inovação, e a intercessão entre o design universal e a sustentabilidade segue os princípios de design de modo a projetar sistemas para alcançar ações sustentáveis através de sua utilização. O design universal desempenha um papel holístico na compreensão de componentes importantes dos sistemas, como por exemplo soluções que atendam a um grande número de pessoas e que são flexíveis e adaptáveis às situações e as pessoas, exercendo uma influência no meio econômico, social e natural.

A avaliação que é utilizada para o design universal deve ser considerada e ainda melhor explorada. “Pode um design ser considerado sustentável se ele não for universalmente concebido e vive versa?” (MUSTAQUIM; NYSTRÖM, 2013, p.119). As lacunas existentes de conhecimento na área de sustentabilidade podem aflorar pesquisas e utilização de características diferentes dos princípios do design universal para aplicação em questões sociais, econômicas e ambientais.

Os autores ainda elencam que a persuasão também é utilizada para com o usuário afim de inserir novos valores de design e de design universal caminhando com o conceito de sustentabilidade (MUSTAQUIM; NYSTRÖM, 2013).

O estado da arte, têm avançado o quesito da sustentabilidade, em trabalhos de uma década anterior possuíam um olhar ambiental, que até então era o reflexo enraizado do conceito, e a evolução já transcende os outros pilares da sustentabilidade. A inserção destas questões no ciclo de vida do produto é uma importante vitória, e as tratativas no design de soluções apontam novos estudos.

O aprendizado retirado do estado da arte só reforça que há um caminho a ser percorrido na junção destes conceitos em prol de design de soluções mais sustentáveis. É certo que os destes caminhos já trilhados por outros pesquisadores, enriquecem o trabalho que visa a melhores soluções, e melhor qualidade de vida para todos.

Capítulo 4

DIRETRIZES

O ambiente em que as pessoas estão inseridas faz toda a diferença na vida delas, assim como a interação com tudo que as rodeia. Ao assumir o risco de projetar novas soluções, assume-se também a responsabilidade de que essas soluções possam ajudar de alguma forma para que as pessoas e a humanidade evoluam.

Por meio do design de soluções computacionais, seja ela de qualquer natureza, como um sistema para e-mails, transações financeiras ou um novo dispositivo, há a possibilidade de pensar em questões sociais, ambientais e econômicas, já na origem destas soluções.

A tentativa de apoio à construção destas soluções surge pela necessidade de apoiar o processo de construção desde a concepção de ideia, como por exemplo, quando projetamos um novo dispositivo computacional, ou até mesmo um software, que ele possa levar desde o nascimento, os conceitos de sustentabilidade. Dessa forma, contrariando a direção tratada pela maioria dos autores encontrados na literatura, focando design para a sustentabilidade de soluções.

Em sua maioria, a literatura apoia o processo de design para a sustentabilidade, que estimulam comportamentos sustentáveis, ou que utilizam-se de economia de energia ou até materiais considerados verdes para a construção das soluções computacionais. Esse trabalho visa estudar a sustentabilidade no design, em que no berço da solução já sejam respeitados os direitos humanos, as emissões de gases e poluentes, bem como o salário justo aos que trabalham para que a soluções aconteçam, entre outros.

4.1 Os sistemas computacionais e o insustentável

Destacam-se aqui alguns exemplos de soluções computacionais que não deveriam funcionar como foram descritos e causar tamanho transtornos para as pessoas, pois soluções computacionais são criadas para que colaborem com a vida e sociedade e não o contrário. São situações reais que acontecem ao redor do mundo e que não deveriam ocorrer. O projeto de design das soluções computacionais precisam cercar-se de cuidados para que não influenciem negativamente a vida e o ambiente das pessoas.

Em setembro de 2013, o jornal *The Guardian* noticiou um dos maiores desastres para a área de saúde pública britânica a *National Health System* (NHS). Foi contratada a empresa asiática Fujitsu para a implantação do Lorenzo que consiste em um sistema de registro de pacientes unificado e com prontuários eletrônicos. o Sistema custou cerca de 10 bilhões de libras, porém o sistema não funcionou conforme o esperado (SYAL, 2013).

O Lorenzo foi considerado pelos parlamentares britânicos um dos piores contratos fechados pelo governo, em que se gastaram bilhões em um software que não atendeu as expectativas, sendo necessária a implantação de software regionais para a solução temporária do problema de cadastro dos pacientes do sistema obtendo seus atendimentos de maneira adequada (SYAL, 2013).

Esse tipo de situação prejudica o bem-estar e saúde da população, olhando pela vertente social da sustentabilidade conforme cita Baranauskas e Bonacin (2008), e ainda a vertente econômica, tendo em vista o valor alto investido em algo que não deu o retorno esperado.

Em janeiro de 2014, o Ministério da Defesa contratou por 1.3 bilhões de libras um sistema de informática para recrutar jovens para o exército de maneira *on line*, e mais de um ano depois, além do aumento no valor gasto com a solução, o sistema ainda não tinha previsão de funcionamento.

O jornal *The Guardian* noticiou a preocupação do Ministério da Defesa na pessoa do secretário Defesa Philip Hammond, em não conseguir a quantidade necessária de recrutas para a segurança da Grã-Bretanha, se não fosse corrigido, o quanto antes, o problema com o sistema de informática adotado (ASSOCIATION, 2014). Um sistema que cause tamanha preocupação e riscos à segurança da população não pode ser considerado sustentável. Afeta tanto o lado social quanto o econômico conforme Mociğemba (2006), a falta de proteção gera roubos, e um vandalismo desenfreado que ocasiona problemas às pessoas mais pobres.

Fazendo uma breve reflexão, um rapaz que não teve muitas oportunidades na vida, pode vir

a ser um recruta, porém com o sistema fora e sem conseguir fazer sua inscrição para servir ao seu país, pode perder a oportunidades. Um sistema pode gerar delinquentes funcionais.

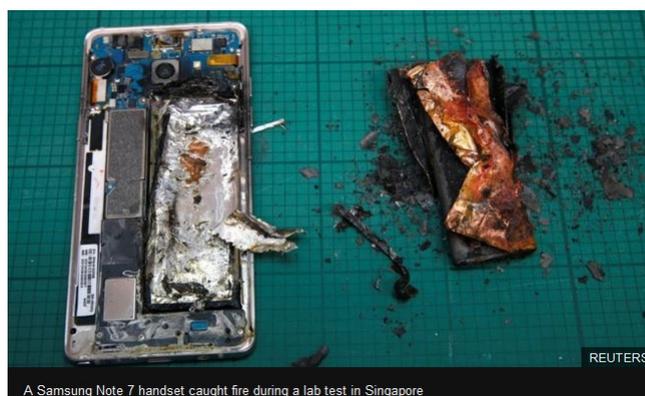
Em novembro de 2014, o Royal Bank of Scotland (RBS) foi multado pela agência reguladora em 56 milhões de libras. Uma falha de software que impossibilitou seus clientes de acessarem e movimentarem suas contas após uma atualização de software. O presidente do banco pediu desculpas publicamente aos clientes e destacou que o ocorrido “causou um estresse significativo” e que o sistema do banco “tinha fraquezas inaceitáveis”.

O episódio gerou uma reação em cadeia, em que foram aplicados juros de crédito e débito incorretos nas contas dos clientes, e empresas com sua movimentação no banco não conseguiram cumprir suas obrigações com folha de pagamento e obrigações credoras (NEWS, 2014).

É preciso se cercar de cuidados para que tamanhos erros como esse não causem esse tipo de transtornos para empresas e clientes, desordenando assim sistemas financeiros inteiros. São situações insustentáveis. A sustentabilidade abrange a questão econômica de forma que o lucro seja concebido de forma justa, e não causando prejuízos gigantescos como no referido episódio (MOCIGEMBA, 2006).

Em outubro de 2016, a empresa coreana Samsung interrompeu a produção de um de seus modelos de smartphones, o Galaxy Note 7. Após vários testes, a empresa decidiu que o aparelho não era seguro. Várias baterias explodiram como pode ser constatado na Figura 4.1, causando sustos e estragos nos locais ocorridos.

Anunciado anteriormente um recall do aparelho, aproximadamente cinco clientes que o fizeram, trocaram o aparelho por outro que segundo a companhia tinha uma bateria mais resistente. No entanto os clientes enfrentaram o mesmo problema e o aparelho explodiu novamente, levando a empresa a descontinuar permanentemente o produto. O presidente da companhia disse que "episódios como esse mancham a marca de forma irreversível"(NEWS, 2016).

Figura 4.1: Galaxy note 7 após a explosão da bateria

Fonte: (NEWS, 2016)

Aparelhos que causem tamanho estrago físico e talvez até psicológico nas pessoas não podem ser consideradas soluções sustentáveis. O cuidado na produção dessas soluções deve ser desde sua criação, até o produto final. As etapas definidas no ciclo de vida dos produtos conforme Kim et al. (2014) são de suma importância para a prevenção de incidentes como este, que além do quesito ambiental, pode trazer um transtorno financeiro. Ninguém quer ter de desprender uma parte do seu salário em outro celular se acabou de comprar um, e ainda social abalando o bem-estar das pessoas e a confiança que elas depositam na tecnologia.

Em Abril de 2017, o New York Times noticiou a preocupação dos pais com seus adolescentes cada vez mais viciados em videogames. Com o vício, os adolescentes acabam por deixar de fazer outras atividades e geralmente atrapalha a rotina diária, em que o adolescente precisa ir de à escola, visitar amigos e parentes ou brincar com os amigos, tudo em função do jogo.

É um fato que a tecnologia tem melhorado nossas vidas trazendo muitas facilidades, mas também tem seus efeitos colaterais, que muitas vezes causam estragos gigantescos na vida das pessoas, gerando colapsos e estresse. (FERGUSON; MARKEY, 2017).

A figura 4.2 ilustra que atualmente os videogames tentam reproduzir a realidade do mundo externo para as telas, em que os adolescentes muitas vezes acreditam estar vivendo realidades virtuais como se fossem reais, tamanha a semelhança. Isso fortalece cada vez mais a questão do vício destes equipamentos.

Figura 4.2: Vídeo game simulando a realidade

Fonte: (FERGUSON; MARKEY, 2017)

Soluções que podem viciar as pessoas não podem ser sustentáveis, já visto que prejudicam a vida das mesmas. O repensar destas práticas de soluções deve-se cercar de cuidados para que esse tipo de problema não ocorra.

A computação deve assumir o seu papel na sociedade, e as diretrizes propostas neste trabalho têm a intenção de auxiliar o design de quaisquer soluções computacionais a prevenir ou amenizar situações insustentáveis como as descritas acima. O norteamento de concepção das soluções implica em um maior cuidado nos projetos de soluções e ainda em uma reflexão importante acerca de como queremos um mundo para o futuro.

4.2 Percurso metodológico para proposição das diretrizes

Buscou-se delinear um caminho para construção das diretrizes primeiramente por meio de uma busca na literatura, verificando-se os referenciais de design para um estudo mais aprofundado. Consultaram-se autores como Winograd, Fallman, Bannon e Baranauskas para o entendimento do processo de design.

Para o referencial na área de sustentabilidade estudou-se o relatório de Brundtland, considerado um marco para a sustentabilidade mundial. E também autores como Rising e Rehmer, Santillo, e Parente entre outros que discutem a temática de forma aprofundada.

Além da pesquisa bibliográfica, utilizou-se também a metodologia descritiva para o estudo de bases sólidas na literatura, a fim de entender como outras áreas tratam a questão da sustentabilidade no design de produtos. Conforme Wazlawick (2014, p.22) diz, “a pesquisa descritiva

é mais sistemática que a exploratória”. O entendimento de áreas que possuem uma experiência de grau mais avançado que a computação, no quesito de sustentabilidade, pode auxiliar na transcrição deste processo para conseguir alcançar o objetivo do trabalho.

Para a verificação de como a comunidade da computação visualiza a questão na sustentabilidade nesta área, utilizou-se de um questionário, com questões relacionadas à sustentabilidade. O questionário foi constituído de questões abertas para que a percepção de cada respondente ficasse clara, a participação ao questionário era voluntária e sem identificação.

O questionário foi disponibilizado na internet, e um convite para participação na pesquisa foi enviado para a lista geral de e-mails da Sociedade Brasileira de Computação e também para outras listas com contatos da área. O objetivo foi atingir alunos, professores e demais profissionais da computação. O questionário ficou disponível entre os dias 13 de junho a 15 de julho de 2016, e foi respondido por 128 participantes.

Optou-se pela pesquisa qualitativa justamente pelo fato do assunto ser recente e ainda pouco explorado, e, portanto, com as questões abertas poder-se-ia capturar as diferenças e justificativas para as opiniões coletadas.

Utilizou-se também o diagrama de afinidades conforme Faria (2017), para dimensionar como a questão da sustentabilidade na computação é considerada por um grupo específico. Aplicou-se a técnica do diagrama de afinidades em um grupo de estudantes pertencentes ao Laboratório de Interação Flexível e Sustentável (LIFeS) do departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, o qual era composto por alunos de variados níveis, como estudantes de graduação, mestrado e doutorado.

O diagrama de afinidades é utilizado para que a aglomeração de pensamentos sobre um determinado assunto seja agrupada em linha de raciocínios semelhantes, quando se tem uma vasta área de pesquisa e se necessita de segregação de conteúdos, agrupando-os por afinidades. Serão detalhados a seguir estes instrumentos utilizados.

4.2.1 Instrumentos utilizados na tratativa em torno da sustentabilidade no design de soluções

Para o estudo bibliográfico, utilizou-se além do referencial teórico já explanado anteriormente, alguns instrumentos que estão consolidados em outras áreas como: normas ISO, os processos de design adotados em outras áreas, o diagrama de afinidades, o questionário à comunidade da computação e os referências consultados para assim adaptar estes instrumentos à nossa tratativa, instanciando conforme este projeto. Serão descritos a seguir estes instrumentos,

onde o processo de design é o começo e os processos de outras áreas como por exemplo as normas ISO, são pontos que buscamos para apoiar na construção das diretrizes.

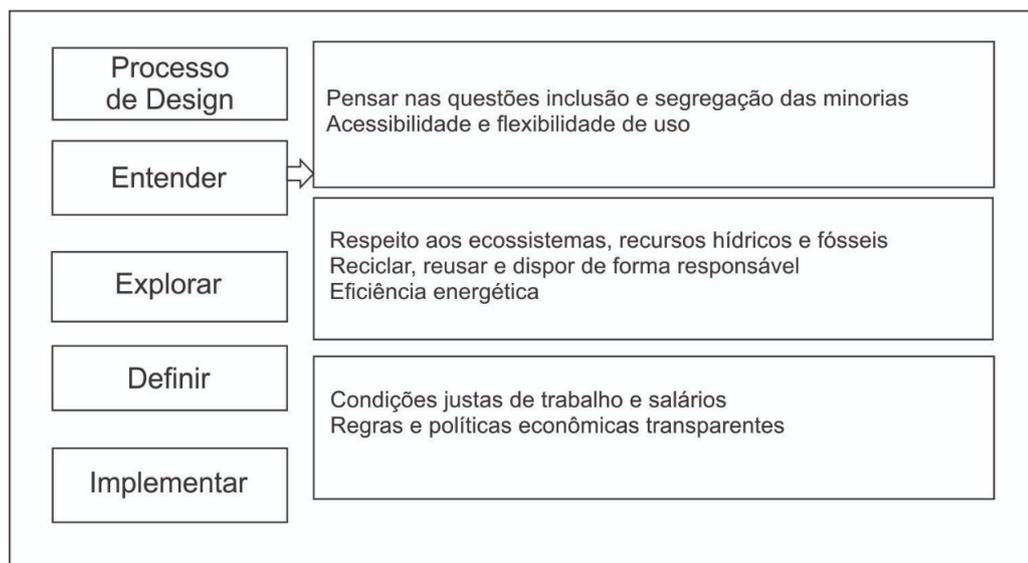
4.2.1.1 Processos de design

Quando se assume a missão da criação de um design de produto ou solução, primeiramente é preciso o entendimento de como este artefato deve funcionar. Todo o processo envolto na sua criação, passa pelas etapas de design que são: entender o que deve ser feito; explorar o mundo para o qual o artefato será produzido; definir as ferramentas para a sua construção e por fim a implementação (WINOGRAD et al., 1996).

Com base nesses processos de design, a inserção da reflexão de sustentabilidade fica a cargo da primeira etapa de desenvolvimento, em que são inseridos contextos e desejos sobre um novo artefato. Neste momento, o pensamento sobre as questões ambientais, sociais e econômicas devem fazer parte no processo de criação do design (WAAGE, 2007).

Para a inserção de reflexões sobre a sustentabilidade na criação do design de um artefato, pensou-se em inserir este processo no entendimento do artefato, conforme ilustra a figura 4.3. Esse entendimento deve dar margem às reflexões na concepção do produto.

Figura 4.3: Processo de design



Fonte: Adaptado de Waage (2007)

Utilizou-se o processo de design descrito por Waage (2007) para que na etapa do entendimento sobre o artefato as questões de sustentabilidade sejam elencadas e incluídas. Incluir as reflexões de sustentabilidade antes de explorar o universo do qual a solução fará parte, ajuda na

desconstrução de modelos prontos e padronizados a respeito de soluções já existentes, facilitando a criação de novas soluções.

4.3 Percepções sobre aspectos de sustentabilidade na computação

Foi utilizado um questionário aplicado à comunidade de computação visando a coletar, de maneira qualitativa, as percepções sobre sustentabilidade que a comunidade de computação possui. O questionário foi respondido por 128 pessoas entre alunos, professores e demais profissionais da área. A análise preliminar sugere a necessidade de se esclarecer e refletir de maneira mais aprofundada nos aspectos que compõem o tripé da sustentabilidade. Em especial, ressalta-se o papel da comunidade brasileira de Interação Humano Computador (IHC) na temática, em particular nos aspectos de acessibilidade.

Por meio desta pesquisa disponibilizada na internet, conseguiram-se os seguintes resultados preliminares:

Quanto ao perfil dos respondentes da pesquisa (questão E1), a faixa de idade variou entre 20 e 66 anos, com média de 35, 64% são do sexo masculino. Conforme pode ser observado na Figura 4.4 (questão E2), a formação dos respondentes foi diversificada, tendo sido esse aspecto considerado positivo no perfil dos respondentes.

Figura 4.4: E2-Formação dos respondentes da área de computação



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando questionados sobre o entendimento do termo sustentabilidade (questão E3), quase metade dos respondentes associa o termo de alguma forma à preservação do meio ambiente. Um dos respondentes afirmou que seu entendimento sobre sustentabilidade consiste no “desen-

volvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro”.

Em torno de 30% consideram a síntese do termo em si “sustentabilidade se refere à capacidade de um processo de manter-se ativo a partir unicamente de recursos de alguma natureza provenientes de suas próprias atividades”. Em torno de 10%, consideram que a sustentabilidade deve levar em conta as questões ambientais, sociais e econômicas como cita um dos respondentes “Sustentabilidade é baseada nos três pilares: ecológico, financeiro e social. As ações sustentáveis devem prezar pelo respeito ao meio ambiente, à sociedade e ter viabilidade econômica”.

Alguns respondentes levaram em conta apenas dois dos três pilares da sustentabilidade como o ambiental e o econômico, por exemplo. Em torno de 6% consideram a sustentabilidade como sinônimo de reutilização como expresso em: “Sustentabilidade relaciono a um ciclo de vida em espiral, onde um determinado objeto inicia seu ciclo de vida, faz o papel que deveria fazer e quando iria encaminhar para o processo de descarte (término do ciclo de vida) ele é utilizado como parâmetro para um novo ciclo de vida”.

Considerando as respostas obtidas, pode-se perceber a que a sustentabilidade ainda é muito associada apenas aos aspectos ambientais. Percebe-se a necessidade de esclarecimentos e reflexões para que sejam expandidos os horizontes no entendimento do conceito de sustentabilidade e sejam incluídos também os aspectos econômicos e sociais.

Questionados quanto à importância da sustentabilidade na computação (questão E4), 97% dos respondentes consideram o assunto importante. Nas justificativas apontadas, fica bem evidente que grande parte fala do consumo de energia dos equipamentos de informática e do descarte correto destes equipamentos após a sua obsolescência: “Há vários contextos possíveis ecologicamente falando, o gasto de energia pra se sustentar a quantidade de servidores e infraestrutura utilizadas hoje para a computação em nuvem e internet das coisas é grande e deve ser considerado. Em termos de desenvolvimento de software, é preciso desenhar arquiteturas que sejam possíveis de se manter e evoluir a curto prazo, e que também considero uma forma de sustentabilidade”.

Alguns enfatizam que a computação é um meio para o fim da sustentabilidade, possibilitando a criação de mecanismos para auxiliar o processo que deve ocorrer em todas as áreas e não apenas na computação: “Quando se conhece o conceito de sustentabilidade é possível abrir a visão sobre o impacto que a computação tem sobre o tema. E também criar soluções que auxiliem o desenvolvimento sustentável”. “Toda área tem que ter a devida atenção à sustentabilidade. Os efeitos da computação não podem estar dissociados das reais consequências que

ela causa[...]. Existe também uma preocupação com as futuras gerações e como o ambiente evoluirá no futuro: “é importante para que as próximas gerações tenham condição de continuar evoluindo neste assunto sem restrições”.

Dos 3% que não consideraram o assunto importante houve justificativas como “Não sei bem como caracterizar sustentabilidade na computação, tendo em conta, principalmente, a volatilidade da área”. No entanto, mesmo quem não considerou a questão importante para a computação apresentou dúvidas como “[...]desconheço o termo para a computação. Caso a computação envolva hardware e esse possa ser reaproveitado e dado um fim específico, a minha resposta seria “sim””.

Também foi perguntado se a sustentabilidade na computação deveria focar apenas em hardware, apenas em software ou em ambos (questão E5). Apenas 4% consideraram que a sustentabilidade deve focar apenas em hardware, pautando-se na reciclagem de equipamentos eletrônicos e no consumo de energia que estes equipamentos demandam para seu funcionamento. Não houve respostas para a sustentabilidade focada apenas em software. A grande maioria dos respondentes, 76% consideram que a sustentabilidade deve focar tanto em hardware quanto em software, incluindo ainda que as pessoas também fazem parte deste processo.

Um software inteligente que visa à otimização do hardware, foi um ponto bem ressaltado nos relatos, com soluções escaláveis para o melhor aproveitamento tanto do software quanto do hardware. A obsolescência dos dispositivos também foi abordada e as soluções de nuvem foram apontadas como uma maneira de reduzir o lixo eletrônico. “Uma solução de hardware e software sustentável visa a agregar propriedades de reutilização de componentes para torna-los flexíveis e escaláveis. Além disso, a solução abordada deve exercer a preocupação para com o impacto social, ambiental, político e econômico diante a difusão das tecnologias”. Apesar de ter aparecido em algumas justificativas, aspectos econômicos e sociais foram pouco citados nos relatos.

Foram criados também três cenários fictícios para avaliar as percepções das pessoas quanto à sustentabilidade das soluções computacionais criadas.

Cenário 1 (questão E6). *Imagine a seguinte situação: Uma empresa desenvolve sistemas computacionais de código aberto. Atualmente, vem se envolvendo no desenvolvimento de sistemas para Organizações Não Governamentais (ONGs) e jogos educativos. No entanto, tem exigido dos seus funcionários uma carga horária de trabalho exaustiva e não tem pago horas extras. Você entende que as soluções criadas por essa empresa deveriam receber um selo de sustentabilidade?*

Em resposta a esta questão, 84% dos respondentes consideraram que a empresa não deveria receber o selo de sustentabilidade alegando que a salubridade dos funcionários também faz parte do processo sustentável, a mão de obra também é um recurso esgotável, se não for utilizada da forma correta. Algumas citações incluíam ainda que é necessário olhar o processo como um todo e não apenas para o produto final, sugerindo ainda que o trabalho escravo é passível de punições além da não aquisição do selo mencionado, “Sustentabilidade deve considerar o todo. Como apontado anteriormente, ao menos hardware, software e recursos humanos [...]”.

Os outros 16% consideram que a empresa deveria sim receber um selo de sustentabilidade alegando em sua maioria que os acordos trabalhistas não têm relação direta com a sustentabilidade do produto em si produzido na empresa. “As questões trabalhistas não seriam motivo suficiente para considerar suas atividades incompatíveis com sustentabilidade [...]”.

Cenário 2 (questão E7). *Imagine a seguinte situação: uma empresa produz sensores e outros dispositivos sempre levando em consideração a eficiência energética nas soluções de hardware que fabrica. Ela mantém um ambiente de trabalho salutar e segue todas as leis trabalhistas, respeitando os direitos de seus funcionários. No entanto, a empresa não oferece ao consumidor um processo de descarte e destinação correta dos produtos quando esses chegam ao final de sua vida útil. Você entende que as soluções criadas por essa empresa deveriam receber um selo de sustentabilidade?*

90% dos respondentes consideram que a empresa não deveria receber o selo, pois apenas uma parte do processo está de acordo com questões sustentáveis; porém o descarte deixou a desejar. O processo deve ser completo, ou seja, inserir o produto e também dar a destinação correta ao mesmo, fazendo assim a finalização do ciclo produtivo: “A empresa acertou em sempre considerar a eficiência energética, porém ela poderia se preocupar um pouco mais com o meio ambiente e auxiliar os consumidores no descarte dos produtos que chegaram ao final da sua vida útil”.

Alguns consideraram até que o esforço de sustentabilidade na produção seria inútil sem o descarte adequado. “Negligenciar o meio ambiente com a falta do descarte adequado é o mesmo que comprometer o futuro”. E poucas pessoas também relataram que talvez o selo pudesse ter escalas e não ser binário, assim a empresa se enquadraria em um degrau mais baixo equiparando-se ao selo Procel ¹.

Apenas 10% dos respondentes consideram que sim a empresa deveria receber o selo de sustentabilidade, considerando que o descarte correto seria responsabilidade do governo e não da empresa, que já teria cumprido o seu papel em criar soluções com eficiência energética.

¹Selo existente no mercado que sinaliza os equipamentos de maior eficiência energética

Outro ponto ressaltado foi que o descarte depende muito mais do consumidor final, em como ele irá proceder para descartar o item, que propriamente dito da empresa, e ainda sugerido uma categorização de selos na qual existisse um específico para o descarte e que a empresa não o obteria.

Cenário 3 (questão E8). *Imagine a seguinte situação: uma empresa de desenvolvimento web adotou uma política de economia de energia. Os funcionários foram incentivados a desligar os computadores e as impressoras após a jornada de trabalho. No entanto, no desenvolvimento das soluções web, a empresa não segue padrões e diretivas de desenvolvimento acessível, fazendo com que seus sistemas não possam ser usados por pessoas com deficiência. Você entende que as soluções criadas por essa empresa deveriam receber um selo de sustentabilidade?*

Os respondentes ficaram bem divididos quanto a esta questão. 52% consideram que as soluções não deveriam receber o selo. As justificativas consideraram que “É preciso também levar em conta as necessidades das minorias, não gerando produtos discriminatórios e que possam atender a grande parte da população; a oportunidade para todos deve ser respeitada de modo a influenciar futuras produções”. “Sustentabilidade pressupõe equilíbrio social. Exclusão digital é uma forma de violar a sustentabilidade social [...]”.

Já 48% consideraram que sim a empresa deveria receber o selo de sustentabilidade, alegando que a sustentabilidade e acessibilidade são conceitos diferentes e que não possuem uma relação direta. No entanto, alguns que responderam sim, em suas justificativas demonstraram dúvida quando refletiram sobre a questão “Atualmente não entendo a sustentabilidade como parte integrante da acessibilidade. Mas a pergunta me pegou!! Se olharmos para o socialmente justo, a acessibilidade deveria ser parte integrante!!”.

Os resultados sugerem que a preocupação com o meio ambiente e o descarte correto do lixo, quando se fala em sustentabilidade, ainda é o que de antemão vem à mente dos respondentes da comunidade de computação brasileira. No entanto, a literatura específica em sustentabilidade e também aquela de outras áreas de engenharia e tecnologia, já apontam a necessidade de análises mais aprofundadas considerando o tripé da sustentabilidade e suas interconexões.

O fato da acessibilidade não ter sido considerada como relevante para a sustentabilidade pela metade dos respondentes reforça a necessidade de estudos aprofundados no assunto, que evidenciem que a exclusão de minorias não contribui para uma sociedade mais justa, igualitária e que visa a garantir um futuro melhor a todos. Aqui, de maneira especial, a comunidade de IHC tem muito a contribuir.

Por fim, deve-se ressaltar que há indícios que corroboram com a visão de que a computação

não só deve apoiar a sustentabilidade nas diferentes áreas e processos, como também integrá-la aos seus próprios.

4.4 Diagrama de afinidades

O método denominado diagrama de afinidades, que de acordo com Mizuno (1993), auxilia no processo de esclarecer dimensão e extensão de problemas e agrupar ideias e opiniões sobre assuntos que possuem similaridades, ou seja, afinidades entre si, também foi utilizado.

O grupo de estudos do LIFeS² foi o grupo que participou da aplicação do diagrama de afinidades. O perfil dos participantes era composto por estudantes sendo eles mestrandos e doutorandos da área da computação na linha de pesquisa de Interação Humano computador. A questão problema a ser resolvida no diagrama de afinidades era: O que deve ser considerado pelo designer na construção de uma solução sustentável?

Por meio das repostas obtidas no questionário aplicado à comunidade da computação e descrito na seção anterior em percepções sobre aspectos de sustentabilidade na computação, obtiveram-se as ideias em torno da questão problema a ser resolvida. Foram extraídos do questionário as questões consideradas pelos participantes em torno da sustentabilidade na área da computação. Estas questões nortearam as áreas afim nas quais foram divididas o diagrama.

Após a apresentação das ideias que vieram do questionário, elas foram descritas em *post its* e então os participantes foram orientados, em um trabalho de grupo, a agrupar as ideias por afinidades. Eles então, em um trabalho conjunto de consenso e discussão entre si, agruparam os *post its* pelas afinidades que eles consideram comuns entre as ideias apresentadas. As ideias mais parecidas, ou que pudessem ser consideradas parte de alguma grande área, foram agrupadas e quantificadas, ou seja, se mais de um participante do exercício teve a mesma ideia elas foram quantificadas conforme mostra a Figura 4.5.

²Laboratório de Interação Flexível e Sustentável – Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos

Figura 4.5: Diagrama de afinidades

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 4.5 mostra, a atividade real que ocorreu e o diagrama como ficou no dia da realização da atividade do diagrama de afinidades. Para melhor visualização, o diagrama foi detalhado na figura 4.6

Figura 4.6: Diagrama de afinidades refeito em detalhes

QUESTÃO 5

O que deve ser considerado pelo designer na construção de uma solução sustentável?

PRODUÇÃO		SOCIAIS E HUMANOS	
Recurso Energético Eficiente A/E 45	Escalabilidade (Evolução de uso) A/E 29	Engenharia Social S 4	Efeitos Nocivos de Uso E/S 3
Materiais na confecção ou construção A/E 42	Manutenção Reparos A/E 4	Mudanças de Hábitos S 4	Colaboração com a comunidade S 9
Processo de desenvolvimento A/E 21	Eficiência na construção A/E 11	Uso científico para aparelho pessoal ocioso A/E 1	Usabilidade S 10
Decomposição de aparelhos e material Biodegradável A/E 2	Refrigeração E/S 1	Educação e Orientação (Usuários) A/S 1	Fatores Humanos S 6
Muita ênfase no processo produtivo e não no todo E/S 1	Qualidade de Software A/S 1	Acessibilidade S 1	Ambiente salutar de desenvolvimento S 6
Corretude A/E/S 2		Integração Social A/S 1	Relações Partes Humanas A/S 1
FINANCEIROS		DOCUMENTAÇÃO	REUTILIZAÇÃO
Redução Custo E 9	Lucro E 3	Governo cobrar ou estimar A/E/S 1	Descarte ao final da utilização A/E 33
ECOLÓGICOS		Normas regulamentares E 2	Grau de Reutilização A/E 8
TI verde A 1	Ambiental A 22	Responsável após venda A 1	Decomposição de aparelhos Materiais Biodegradáveis A/E/S 1
ASPECTOS NÃO CONSIDERADOS		Documentação S 1	Reciclagem e material A/E 1
Respostas com muita ênfase em telefone A/S 1	Pcs não tiveram ênfase em indústria e comércio E/S 1	Educação e Orientação (desenvolvedores) A S 1	Reciclagem A/E 28
Segurança A/E/S 1			

A = Ambiental S = Social E = Econômico

Fonte: Elaborado pelo autor

As afinidades foram agrupadas pelas áreas de produção, documentação, reutilização, ecológicas, sociais e humanos, financeiros e aspectos que não foram considerados. o grupo de

estudos do LIFeS decidiu que estas seriam as grandes áreas a serem consideradas. Após agrupar os *post its* e quantificar as ideias, classificou-se pelo tripé da sustentabilidade, em que os aspectos poderiam se encaixar em uma ou mais vertentes: a social, econômica ou ambiental. Essas vertentes aparecem na Figura 4.6 sinalizadas à direita de cada post it pelas letras S - social, E - econômica, A - ambiental.

Os resultados do diagrama foram tabulados na Tabela 4.1. Nesta tabela estão as percepções dos respondentes do questionário da seção anterior, que foram tabuladas no que chamamos de aspectos na Tabela 4.1. Denominamos nesta tabela como considerações, uma sucinta explicação a respeito do aspecto considerado que os participantes do diagrama precisaram para melhor entendimento.

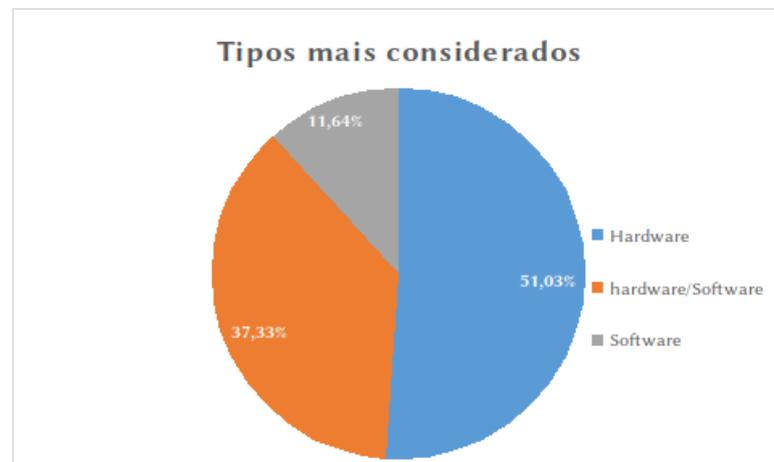
Os aspectos também foram classificados entre hardware, software ou ambos, na Tabela 4.1 para melhor se encaixar no tipo apresentado, e foi tabulada a quantidade de vezes que determinado item aparecia nas respostas do questionário aplicado na seção anterior. Após esta seleção, o grupo realizou o agrupamento por áreas que foram julgadas pelos participantes do método do diagrama de afinidades, e depois consideradas no tripé da sustentabilidade.

Tabela 4.1: Resultado do diagrama de afinidades

Aspectos	Considerações	Tipo	Quantidade	Agrupamento	Ambiental	Social	Econômico
Materiais utilizados na construção	menos poluentes e mais reutilizáveis	Hardware	35	Produção	x		x
Recursos energéticos	Menor consumo e maior vida útil	Hardware/Software	33	Produção	x	x	x
Reutilizável/reciclagem	para novas criações	Hardware	31	Reutilização/Reciclagem	x	x	x
Visa o meio ambiente	menores impactos	Hardware	26	Fatores Ambientais	x		
obsolescência programada	retardo no processo de obsolescência	Hardware/Software	19	Produção	x	x	x
Descarte de forma adequada		Hardware	18	Fatores Ambientais	x	x	x
Escalabilidade	quanto a solução é escalável	Hardware	14	Produção	x	x	x
Eficiência da solução	Visando recursos usados e resultados obtidos	Hardware/Software	14	Produção	x	x	x
Gerenciamento do ciclo de vida do produto	da produção ao descarte	Hardware	7	Produção	x	x	x
Maximização do processo de desenvolvimento	do software, utilizá-lo para economias	Software	7	Produção			x
utilização de energia Limpa	como a solar	Hardware	6	Fatores Ambientais	x		
Refatoração do software	para melhor utilizar recursos	Software	6	Produção	x		x
Usabilidade	proporcionar boa experiencia de uso das pessoas	Hardware/Software	5	Apoio do software		x	
Atende as necessidades	dos clientes e o proposito que foi feito	Hardware/Software	5	Apoio do software		x	
menor custo	impactos econômicos	Hardware/Software	5	Fatores econômicos		x	x
processo de fabricação	utiliza energia limpa e a produção utilize menos recursos	Hardware/Software	5	Produção	x		
Fatores Humanos	Atender diversos tipos de usuários	Hardware/Software	4	Fatores Humanos e sociais		x	
Ambiente saudável de produção	para os trabalhadores	Hardware/Software	4	Fatores Humanos e sociais		x	
melhoria na vida das pessoas	bem estar	Hardware/Software	4	Fatores Humanos e sociais		x	
Estimular sustentabilidade através de interfaces		Software	4	Apoio do software	x	x	
Atualizações facilitadas		Software	4	Apoio do software		x	
preocupação com a saúde dos desenvolvedores		Software	4	Fatores Humanos e sociais		x	
Reutilização de código de software		Software	4	Produção			x
Emissão de gases	menor emissão	Hardware	3	Fatores Ambientais	x		x
Emissão de menos radiação	eletromagnética nas pessoas	Hardware	3	Fatores Ambientais	x		
Benefícios para a sociedade		Hardware/Software	3	Fatores Humanos e sociais		x	
Código aberto		Software	3	Apoio do software		x	x
menor custo de manutenção		Hardware	2	Fatores econômicos			x
Destino adequado para lixo eletrônico		Hardware	2	Reutilização/Reciclagem	x		
lucro	solução gera lucro	Hardware/Software	2	Fatores econômicos			x
práticas de TI verde		Hardware	1	Fatores Ambientais	x		x
Criação de postos de coleta	para o lixo tecnológico	Hardware	1	Reutilização/Reciclagem	x	x	
Acessibilidade		Hardware/Software	1	Apoio do software		x	
Normas ISO	para desenvolvimento sustentável	Hardware/Software	1	Documentação	x		x
comercialização é ética		Hardware/Software	1	Fatores econômicos		x	x
Colaboração da Comunidade	na melhoria da produção	Hardware/Software	1	Fatores Humanos e sociais		x	
Sobrecarga cognitiva e emocional no usuário		Hardware/Software	1	Fatores Humanos e sociais		x	
Corretude	Quanto a solução é politicamente correta	Hardware/Software	1	Produção	x		x
softwares de facilitam o uso		Software	1	Apoio do software		x	
Sistema multiplataforma		Software	1	Apoio do software		x	x
Refrigeração		Hardware	0	Fatores não considerados	x		
Segurança		Hardware/Software	0	Fatores não considerados			x
Governo cobrar ou estimular		Hardware/Software	0	Fatores não considerados		x	
Qualidade de software		Software	0	Fatores não considerados		x	x

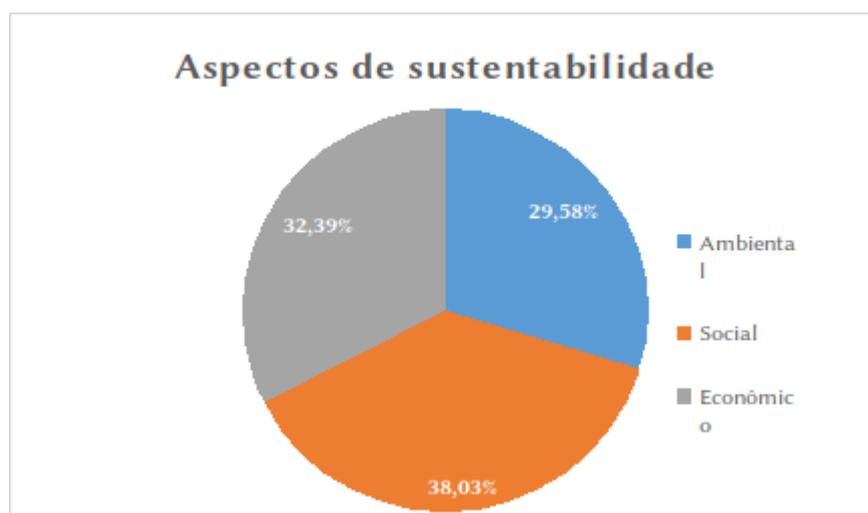
Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio do diagrama de afinidades entende-se que quando falamos de sustentabilidade a maior lembrança que as pessoas se apegam ainda é no hardware das soluções. A Figura 4.7 demonstra que é uma minoria que considera apenas o software como parte integrante do quesito sustentável.

Figura 4.7: Tipos mais considerados

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto aos aspectos de sustentabilidade, o pilar social tem sido mais considerado pelas pessoas de acordo com o diagrama de afinidades, e as respostas retiradas do questionário aplicado á comunidade da computação, entretanto notou-se uma pequena diferença entre os pilares. E uma surpresa foi o pilar ambiental ter sido menos considerado que o social e o econômico, conforme pode ser observado na Figura 4.8. O pilar ambiental geralmente é o que mais chama a atenção das pessoas quando se fala a respeito de sustentabilidade.

Figura 4.8: Aspectos de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor

A questão dos materiais utilizados na construções e projetos computacionais, destacam-se em quantidade, sendo o item de maior número de acordo com o diagrama realizado. As questões envolvendo os materiais em geral como, reutilização, descarte e reciclagem, são as mais citadas no diagrama.

Dentre os agrupamentos, a fase de produção das soluções é a mais considerada para o quesito da sustentabilidade, à frente de fatores ambientais e humanos.

4.5 As diretrizes para o design de soluções sustentáveis

Diretrizes, em suma, são orientações a serem seguidas para uma determinada finalidade. Elas definem um caminho a ser seguido por meio de instruções ou orientações de como chegar a um determinado objetivo. Diferentemente de normas que tem a finalidade de serem cumpridas em sua totalidade, a diretriz possui um efeito de orientação e não de uma obrigação.

Seguindo nesta linha de orientação, baseado em orientar o como fazer, criou-se as diretrizes aqui apresentadas. Consultou-se a literatura relacionada ao assunto para se obter o conhecimento necessário e poder contribuir com medidas mais assertivas. Autores como Norman, Blevis, Baranauskas, Waage, Mocigemba e outros consultados e referenciados, foram de suma importância para a elaboração e reflexão da pesquisa.

Após a aquisição de conhecimento por meio da literatura, a aplicação do questionário à comunidade da computação, conforme descrito na seção 4.3, e a aplicação da atividade com o diagrama de afinidades conforme descrito na seção 4.3, nortearam a pesquisa de forma a como modelar o conjunto de diretrizes por meio do pensamento das pessoas sobre sustentabilidade. A percepção captada no questionário foi importante para que pudessem ser expressadas as diretrizes para um melhor entendimento, tendo em vista as dificuldades encontradas pelas pessoas com o tema.

Por meio do questionário, foi possível a identificação de que cada diretriz apresentada precisaria de uma explicação, para que o seu entendimento ficasse mais explícito. E a relação que cada diretriz possuía com as vertentes do tripé sustentável, que também foi identificada por meio do diagrama de afinidades descrito na seção 4.4.

O diagrama de afinidades e algumas dúvidas levantadas no questionário aplicado, nortearam a responsabilidade das pessoas frente ao caminho rumo a uma solução mais sustentável. Foi identificado por meio destes métodos, que seria preciso inserir, não apenas na etapa de análise, as orientações, pois o processo é um conjunto de etapas, e não uma etapa isolada.

Portanto as orientações foram divididas em etapas no processo de design de concepção das soluções e como as etapas deste processo não são isoladas, também possuem responsabilidades diferentes, ou seja, os profissionais envolvidos em cada etapa que necessitam das orientações para que, na aglutinação destas orientações, faça-se uma solução de qualquer natureza computacional

mais sustentável.

O resultado foram 25 (vinte e cinco) diretrizes em que observa-se a fase do processo de design que a diretriz poderia ser utilizada: Análise, Design, Prototipação ou Implementação, e ainda definindo os possíveis profissionais que estariam responsáveis por aquela diretriz. Descreve-se aqui como foram considerados os papéis dos profissionais considerados no estudo.

✓ Responsabilidades:

- Diretoria: responsável pela empresa e pelos funcionários, com atribuições de decisões em gerar novos produtos e serviços, e parte das decisões referentes a aspectos financeiros;
- Programador: responsável pelo back end das soluções, e em fazer funcionar as aplicações de software;
- Arquiteto: responsável pelo projeto do hardware das soluções.
- Designer: responsável pela parte visual, forma e filosofia da solução seja ela de hardware ou software;
- analista: responsável pela análise dos cenários e o elo entre o cliente e a empresa.

Decidiu-se também utilizar-se de níveis de relação com a solução:

✓ Níveis:

- Relação direta com o produto ou processo
- Relação indireta ou fatores externos

No conjunto de orientações resultante exposto na Tabela 4.2 há também uma breve explicação de como poderia ser utilizado e o que poderia ser abordado pela diretriz em questão, e ainda qual quesito do tripé sustentável a diretriz faz referência, ou seja, está mais relacionada. Por fim, menciona-se a referência utilizada na reflexão para a criação e elaboração da diretriz.

Na Tabela 4.2 são apresentadas as vinte e cinco (25) diretrizes resultantes desta pesquisa. Utilizando-se os parâmetros apresentados anteriormente, criou-se um conjunto de orientações para a produção de soluções de forma mais sustentável na área da computação.

Tabela 4.2: Diretrizes

	Etapas processo de design	Responsável	Nível	Diretriz	Subníveis da Diretriz	Am	Soc	Fin	Referência
1	Análise	Designer Arquiteto Diretoria Analista	1	Escolher Materiais adequados na confecção das soluções computacionais	1.1 Escolher materiais adequados levando em consideração tempo e nível de reutilização do material, após o fim da sua utilidade no referido produto ou processo. 1.2 Priorizar a utilização de materiais com ciclos produtivos de acordo com os preceitos da sustentabilidade. 1.3 Priorizar materiais que tenham uma fácil absorção pelo meio ambiente ao fim da vida útil.	x		x	ISO 14004 Questionário aplicado à comunidade computação
2	Análise	Direção	2	Estabelecer políticas de salários justos, compatíveis com o mercado de TI	1.1 Estabelecer uma política de cargos e salários priorizando a meritocracia. 1.2 Estabelecer salários compatíveis com o mercado de trabalho da região e porte da empresa			x	Diagrama de afinidades
3	Análise	Direção Analista Arquiteto	2	Promover conscientização ambiental entre fornecedores e prestadores de serviços às empresas de tecnologia	1.1 Priorizar consumíveis de empresas que respeitem o meio ambiente e suas operações 1.2 Priorizar mão de obra de empresa que possui responsabilidade social e fiscal 1.3 Tentar estabelecer um relacionamento estreito com essas empresas à nível de poder sugerir melhorias em seus processos para que se tornem mais sustentáveis.	x	x		ISO 14004
4	Análise	Direção Analista Designer Programador Arquiteto	2	Melhorar a relação das empresas de tecnologia com o governo	1.1 Cumprir as legislações pertinentes ao segmento da empresa 1.2 Não sonegar impostos 1.3 Contribuir com soluções que não deixem brechas à corrupção		x	x	ISO 14004
5	Análise Design prototipação Implementação	Direção Analista Designer Programador Arquiteto	2	Reduzir incidentes que impliquem em responsabilidade civil	1.1 Atender às normas de ambiente salubre dos funcionários 1.2 Atender às normas de fornecimento de equipamentos de segurança individuais 1.3 Utilizar EPI's 1.4 Ter um ambiente adequado para a práticas do trabalho como mesas propensas à atividade, cadeiras com braços, visando a saúde dos colaboradores		x		ISO 14004
6	Análise	Direção Analista Designer Programador Arquiteto	2	Otimizar o consumo, e reutilizar a água	1.1 Priorizar fornecedores de insumos que possuam políticas de otimização de água 1.2 Construir soluções com o olhar em reutilização e sem o desperdício de água		x		ISO 14004
7	Análise Design	Direção	1	Aprimorar o controle de custos, e ter práticas leais de operação	1.1 Ter uma política de lucro justa, compatível com o mercado 1.2 Possuir transparência na cadeia produtiva com práticas que gerem lucro sem explorar.			x	ISO 14004 ISO 26000
8	Análise Design	Analista Designer	1	Criar soluções com boa usabilidade	1.1 Soluções que sirvam as necessidades para as quais foram projetadas 1.2 Soluções que possuem uma facilidade de entendimento do usuário, evitando assim a má utilização do produto ou estresse no utilizador		x	x	Diagrama de afinidades Questionário aplicado à comunidade computação
9	Design	Designer	1	Adotar técnicas de design participativo	1.1 Respeito as preferencias e limitações dos usuários 1.2 Dar o direito de escolha ao usuário por meio da participação		x	x	Mocigemba (2005) Baranaukas (2008)
10	Design	Analista Designer	1	Criar interface acessível	1.1 Criar interfaces que sejam acessíveis a diferentes tipos de usuários		x		W3C Design Socialmente Consciente Design universal
11	Design	Analista Designer	1	Uso equitativo	1.1 Ser útil as pessoas com diversas capacidades 1.2 proporcionar a mesma experiência de utilização a seus diferentes tipos de utilizadores, sempre que possível ou similar		x	x	Design universal
12	Design	Designer	1	Uso simples, intuitivo, com informações facilmente dispostas	1.1 Eliminar as complexidades desnecessárias 1.2 Ter um amplo leque de capacidades linguísticas e níveis de instrução 1.3 Utilizar-se de diferentes modos para mostrar a informação essencial 1.4 Ser compatível com diversidade técnica de equipamentos, tornando a comunicação entre eles simples e rápida		x	x	Design universal
13	Design	Design	1	Baixo esforço físico	1.1 Minimizar o esforço físico do utilizador por meio de um menor número de operações repetitivas 1.2 Permitir ao utilizador ter uma posição confortável ao utilizar-se da solução		x	x	Design universal

14	Análise Prototipação Implementação	Analista Programador Arquiteto	1	Criar soluções escaláveis tanto de hardware quanto de software	1.1 Criar soluções que suportem upgrade de hardware reutilizando grande parte do projeto original 1.2 Criar soluções que suportem upgrade de software, visando a otimização de hardware, evitando a obsolescência programada de soluções 1.3 Desenvolver soluções portáteis a diferentes plataformas computacionais, ampliando o leque de utilizadores da solução	x	x	x	Diagrama de afinidades Questionário aplicado à comunidade computação
15	Análise Prototipação	Diretoria Analista Designer Arquiteto Programador	2	Reduzir a emissão de gases na atmosfera	1.1 Evitar a emissão de gases poluentes, por meio das soluções projetadas 1.2 Evitar sempre que possível o transporte que utilize combustíveis fósseis 1.3 Utilizar-se da tecnologia como um apoio para aproximar as pessoas, em reuniões por exemplo, evitando deslocamentos desnecessários	x			ISO 14020 Diagrama de afinidades Raghavan e Pargman, (2007) Questionário aplicado à comunidade computação
16	Análise Implementação	Analista Designer	2	Envolver a comunidade em torno e desenvolver uma relação de proximidade e conhecimento mútuo	1.1 Preocupar-se com o entorno da empresa promovendo o desenvolvimento da comunidade 1.2 Ouvir a comunidade e suas necessidades quanto as soluções de tecnologia criadas		x		ISO 26000
17		Designer	1	Tornar público por meio de documentação os aspectos de sustentabilidade considerados na solução	1.1 Informativo no help da solução 1.2 Informativo na apresentação da solução	x	x	x	Diagrama de afinidades
18	Design Implementação	Designer Programador	1	Flexibilidade de uso	1.1 Adaptar-se as preferências do usuário utilizador, permitindo que ele escolha (por exemplo cor, tamanho de fonte) 1.2 Adaptar-se ao ritmo de trabalho do utilizador, (não contendo time outs estressantes ao utilizador)		x	x	Design universal Questionário aplicado à comunidade computação
19	Análise Design Implementação	Designer Arquiteto Programador	1	Suporte a versões futuras e compatibilidade	1.1 Compatibilizar a solução com diferentes fabricantes 1.2 Garantir as funcionalidades em versões futuras 1.3 Atualizar a solução de acordo com os preceitos e exigências do atual mercado		x		ISO 26000 Design universal Questionário aplicado à comunidade computação
20	Análise Design Implementação	Diretoria Analista Designer	1	Incentivar o comportamento ético e o respeito aos direitos humanos e das minorias	1.1 As soluções computacionais devem coibir ações anti éticas, corruptivas e que de alguma forma segregue 1.2 o design de produtos não pode discriminar crenças ou culturas, e deve cuidar para que o respeito às pessoas seja cultivado por meio da solução		x		ISO 26000 Design universal Questionário aplicado à comunidade computação
21	Design Prototipação Implementação	Diretoria Analista Designer Arquiteto Programador	2	Priorização de mão de obra e cultura regionais	1.1 Sempre que possível aproveitar a mão de obra nas soluções regionalizadas, fomentando o desenvolvimento local 1.2 Priorizar fornecedores regionais 1.3 Respeitar a cultura e os costumes dos diferentes tipo de povos	x	x	x	Mucigemba, (2005)
22	Design Prototipação Implementação	Analista Designer	1	O design das soluções precisa apresentar sua utilidade de forma clara com tolerância a erros	1.1 As soluções claras e concisas ajudam na utilização pelo usuário e promovem o bem estar ao seu utilizador quando ele chega ao objetivo da solução 1.2 Os sistemas devem prever possíveis erros que o usuário possa cometer, exibindo alertas de erro, botões de ajuda e auxílios para que ele possa fazer o que deseja na solução com o mínimo de esforço		x		ISO 14020 ISO 14001
23	Design Prototipação Implementação	Designer Arquiteto Programador	1	Coletar e descartar corretamente a solução computacional seja ela, hardware ou software	1.1 Criar uma política de ciclo de vida em que a empresa é responsável pela solução desde a criação até o descarte correto. 1.2 Que o software embarcado no hardware também tenha sua parcela de reciclagem de acordo com novos modelos e sua escalabilidade 1.3 Criar o mecanismo de logística reversa para o hardware após sua vida útil. 1.4 Já possuir uma destinação aos componentes quando a solução obsoleta retorne à sua origem		x		ISO 14020 ISO 14001
24	Análise Design Prototipação Implementação	Direção Analista Designer Arquiteto	2	Igualdade de gênero	1.1 Os diferentes gêneros não devem possuir distinção e nem segregação no trabalho de desenvolvimento de um produto de design		x	x	Kannabiran, (2014) Musigemba, 2005

		Programador			1.2 Os diferentes gêneros também não devem ter remuneração influenciada por este fator			
25	Análise Design Prototipação Implementação	Direção Analista Designer Arquiteto Programador	2	Utilizar-se de energias consideradas limpas	1.1 Priorização da utilização de energia solar ou eólica nas soluções 1.2 Priorização de baterias recarregáveis	x		Diagrama de afinidades Questionário aplicado à comunidade

Fonte: Elaborada pelo autor

Capítulo 5

AVALIAÇÃO DAS DIRETRIZES

Após a criação das diretrizes apresentadas no capítulo 4, a avaliação das mesmas se faz necessária. As diretrizes propostas no capítulo anterior foram aplicadas a dois cenários, um educacional e outro empresarial para tentar avaliar o conjunto de diretrizes proposto. Detalhar-se-á a seguir a avaliação feita nos mesmos.

5.1 Percurso metodológico para avaliação da proposta

Dois cenários para avaliação das diretrizes propostas neste trabalho foram utilizados, uma pequena software house e os estudantes do curso de graduação em Ciência da Computação da UFSCar. A ideia de utilizar-se destes dois cenários, foi com o intuito de conseguir verificar as diretrizes propostas, tanto no cenário empresarial quanto acadêmico, tendo em vista muitas pesquisas ficarem apenas no meio acadêmico distanciando-se um pouco da realidade comercial.

Foram aplicados questionários para as avaliações propostas com algumas questões abertas e de múltipla escolha, com finalidades distintas em pontos específicos da pesquisa. No primeiro momento o questionário foi utilizado para entender o que os estudados sabiam a respeito de sustentabilidade e no segundo momento o questionário foi voltado para entender se as diretrizes influenciaram de alguma forma para a construção de soluções de uma forma mais sustentável, ou se ao menos modificou o pensamento sobre o assunto.

A avaliação dos dois cenários descritos, foi feita de maneira diferente, e com objetivos diferentes. Os alunos produziram soluções de design de modo que tivessem a materialização de uma solução, seguindo as diretrizes apresentadas, comparando com soluções que não seguiram as diretrizes, dentre os alunos da turma estudada.

A avaliação na empresa estudada teve um foco diferente, pois não tínhamos a possibilidade

de acompanhar o desenvolvimento de uma solução, devido a demanda de tempo e os projetos da empresa estarem em andamento. Portanto, na empresa o estudo se deu em caráter opinativo, de viabilidade de implantação das diretrizes apresentadas. A seguir, serão detalhados os dois cenários estudados.

5.2 Designers em formação

Aplicou-se o estudo em uma turma da disciplina de Tópicos em Informática, na qual foi ministrado o conteúdo de *User Experience* na Web do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, os estudantes tinham esta disciplina como optativa na graduação.

Os alunos foram convidados a participarem da pesquisa, sem receber qualquer benefício pela participação além do contato com o conhecimento que hora estaria sendo gerado pela mesma. Os alunos já tinham contato com alguns conteúdos de design e fariam um trabalho sobre design de aplicações web para uma das disciplinas que cursavam.

Então, foi feito o convite para que a turma participasse do experimento, sem qualquer influência de nota na disciplina, e com a participação totalmente voluntária, sem qualquer ônus, caso, não estivessem dispostos à participação no estudo. A turma já se encontrava dividida para o trabalho da disciplina em grupos de 4 a 5 alunos.

Os alunos assinaram um termo de consentimento em participação da pesquisa como pode ser visto o modelo no Anexo A e a turma já havia sido dividida em quatro grupos de trabalho para a disciplina, portanto, dois grupos desenvolveram a solução com o contato com as diretrizes produzidas neste trabalho e os outros dois grupos produziram as soluções sem o contato das mesmas. Este procedimento foi detalhado aos grupos que concordaram com a participação nestas condições.

Aplicaram-se algumas questões a todos os grupos para entender o que eles sabiam a respeito do assunto com a finalidade de entender o seu pensamento e o quão o mesmo poderia ser modificado após o contato com as diretrizes.

- ✓ O grupo 1 (G1) foi alocado para desenvolver o sistema web que permitia a personalização de carros.
- ✓ O grupo 2 (G2) foi alocado para desenvolver o sistema web para a venda de jóias.
- ✓ O grupo 3 (G3) foi alocado para desenvolver o sistema web que permitia coleta de dados sobre a qualidade das vias públicas.

- ✓ O grupo 4 (G4) foi alocado para desenvolver um sistema web para apoio ao aluguel temporário de imóveis.

Os grupos que foram expostos às diretrizes foram: o grupo G2 que desenvolveu o software para a joalheria e o grupo G4 que desenvolveu o software para o aluguel temporário de imóveis.

Foi aplicado a todos os alunos, antes do contato com as diretrizes, um questionário o qual era composto por três perguntas, com a finalidade de entender o conhecimento que os alunos possuíam da área da sustentabilidade. A primeira questão a ser respondida era: o que você entende pelo termo sustentabilidade?

A resposta do primeiro grupo G1 tendeu a conceituar sustentabilidade dentro do tripé e com a visão de autossuficiência. Conforme um dos respondentes “Sustentabilidade refere-se a característica de algo que pode se sustentar de maneira econômica, social e/ou ambiental”.

A resposta do grupo G2 tendeu a reutilização de recursos, reciclagem, reuso e considera que os aspectos de equidade de software também fazem parte da sustentabilidade. Salientam ainda que: “Sustentabilidade é o uso de recursos de forma responsável de tal forma que garanta e considere as futuras gerações”.

Em resposta, o grupo G3, assumiu que antes da explicação para o trabalho costumavam associar a sustentabilidade apenas ao meio ambiente, tendendo para o reuso, reciclagem e a reutilização de recursos naturais. Citam também a replicação para as futuras gerações. “Antes da aula, costumava associar o termo sustentabilidade com práticas que não degradassem o meio ambiente”.

O grupo G4 definiu a sustentabilidade como um ciclo de vida e que a criação das soluções não podem resultar em esgotamento de recursos, e ainda que não afetem o meio ambiente. “A primeira associação que vem à mente é um ‘ciclo sustentável’, que remete a ideia de um processo que se auto alimenta de forma contínua e não-esgotável”.

O segundo questionamento foi: Como você entende a sustentabilidade na área de computação?

O grupo G1 considerou que soluções que fomentem valores inclusivos nas empresas e a reciclagem de material eletrônico fazem parte da sustentabilidade na computação, bem como softwares que prezem pela ética. Um integrante do grupo relatou que não está claro a sustentabilidade na área de computação.

O grupo G2 considera que na computação as soluções para serem sustentáveis, precisam ser acessíveis, eficientes no consumo de energia, promover a equidade social e que sua utilização

seja de forma conservadora e responsável.

A resposta do grupo G3 foi pautada na economia de energia por servidores e processadores, com o foco também na velocidade de desenvolvimento de código e a reutilização deste código por outras pessoas.

O grupo G4 considerou que seria necessário projetar soluções computacionais que sejam reutilizáveis e apresentem uma portabilidade, bem como preocupar-se com as questões de acessibilidade, inclusão e controle dos recursos investidos no projeto. Atribuíram como difícil a tarefa de pensar em sustentabilidade nas aplicações de software e ainda que seria possível modelar o comportamento, como por exemplo, persuadindo os consumidores em atitudes sustentáveis.

O terceiro questionamento foi: Como você definiria design sustentável?

O grupo G1 acredita que o design sustentável seria um planejamento da utilização dos recursos disponíveis como pessoas e materiais evitando desperdícios e tornando o processo autossuficiente, cuidando para o produto manter-se por mais tempo sem prejudicar o meio ambiente e envolvendo as questões sociais e econômicas no desenvolvimento de software.

O grupo G2 considerou que o design sustentável é aquele que atende a diferentes tipos de necessidades e limitações, que faça isso de forma ecológica conservando os recursos e funcionando de forma eficiente e responsável.

O grupo G3 tem a concepção de que o design sustentável é aquele que utiliza menos recursos na construção das soluções, porém sem perder valor ao produto final, e que o desenho desse processo diminua os impactos ambientais, sociais e econômicos.

O grupo G4 considerou que é um design cíclico e contínuo desenvolvendo os projetos, levando em conta os recursos econômicos, ambientais e sociais tanto no desenvolvimento quanto na execução da solução.

5.2.1 Acompanhamento dos projetos

Após a aplicação do questionário inicial, utilizado para entender como os estudantes compreendiam a pesquisa, foi realizada uma reunião com os grupos G4 e G2, separadamente para a apresentação das diretrizes propostas neste trabalho. As reuniões aconteceram de forma remota com todos os participantes dos grupos.

Durante a explanação sobre as diretrizes, os grupos não tiveram dúvidas quanto ao conteúdo ao qual estariam sendo expostos e consideraram de fácil entendimento todas as 25 diretrizes apontadas.

Foram feitas 2 reuniões quinzenais até o término dos projetos para verificar possíveis dúvidas na aplicação das diretrizes e o andamento dos projetos. Bem como colher informações que pudessem ajudar no estudo em questão sobre as opiniões dos grupos estudados.

O grupo G2, participou ativamente das reuniões sanando dúvidas que foram discutidas caso a caso. Foi solicitado aos alunos que anotassem dúvidas, no documento das diretrizes conforme Tabela 5.1, ou como eles encaixariam as recomendações do documento no trabalho de criação da interface. A Tabela 5.1 demonstra as diretrizes que os alunos deste grupo apontara, ou seja as diretrizes que eles anotaram algo sobre a mesma e como pensaram na diretriz para o trabalho que estavam desenvolvendo. Nessa tabela a Avaliação 1 se refere a primeira reunião de acompanhamento e a Avaliação 2 à segunda reunião próxima ao fim do projeto.

Tabela 5.1: Anotações dos alunos no documento das diretrizes

	Etapas do processo de Design	Diretriz	Avaliação 1	Avaliação 2
2	Design	Criar Interface acessível	Inserir"etiquetas nos elementos de interface (fotos, botões), para permitir o uso de leitores de tela	Modificar a solução de forma que a página adapte-se as diferentes preferências de tamanho e de visualização dos usuários
3	Análise Prototipação	Criar soluções escaláveis tanto de hardware quanto de software	Solução HTML+CSS que se adapta ao tamanho da tela do usuário (seja monitor grande, tablet ou mobile)	
6	Análise	Melhorar a relação das empresas de tecnologia com o governo	Emissão de nota fiscal eletrônica	
15	Design Prototipação Implementação	O Design das soluções precisa apresentar sua utilidade de forma clara e com tolerânciaa erros	"Second chance"na interface de contato	
19	Análise Design	Criar soluções com uma boa usabilidade	Opção de fazer cadastro rápido (via rede social). Realizar compra com poucos cliques. Utilização de cores no layout que possuam um contraste confortável para leitura do texto.	Inserir tabelas de confirmação após operações realizadas pelo usuário.
20	Design	Adotar técnicas de design participativo		Entrevista, CardSorting, BrainDraw, Teste de usabilidade
22	Design	uso equitativo	Apresentar possibilidade de controle do tamanho da fonte dos textos	
23	Design Implementação	Flexibilidade de uso	Construir o site (CSS+HTML) de forma responsiva, com interfaces compatíveis com diferentes tamanhos de tela	
25	Design	Baixo esforço físico		Reutilizar dados do cadastro do usuário ao invés de requisitar digitação desses dados nos formulários.

Fonte: Elaborada pelo autor

O grupo G4 participou apenas de uma reunião, e relatou não ter dúvidas quanto a aplicação do processo. Também foi solicitada ao grupo uma tabela conforme o grupo G2 fez, porém, não

feito pelos integrantes do grupo, justificado pela falta de dúvidas na aplicação das diretrizes.

Durante as reuniões houveram dúvidas pontuais quanto ao trabalho e para os dois grupos foi explanado que algumas diretrizes não se aplicariam pelo fato do trabalho ser acadêmico e não em um contexto empresarial. Dúvidas a respeito de diretrizes que abrangem a vertente econômica do termo de sustentabilidade como por exemplo a de salários juntos, foram as questões que surgiram nos grupos.

5.2.2 Questionário de avaliação dos estudantes

Ao término de produção das soluções de design para a disciplina, aplicou-se um questionário final para a avaliação sobre a experiência obtida com a finalidade de colher indícios de como as diretrizes foram aceitas e utilizadas. O questionário foi disponibilizado em um formulário online e os dois grupos participantes do estudo responderam.

A primeira questão contemplada no questionário não deixa dúvidas de que após o contato com o conteúdo deste trabalho, a visão sobre o assunto dos estudados mudou. Todos os respondentes consideraram ter seu pensamento modificado após o contato com as diretrizes.

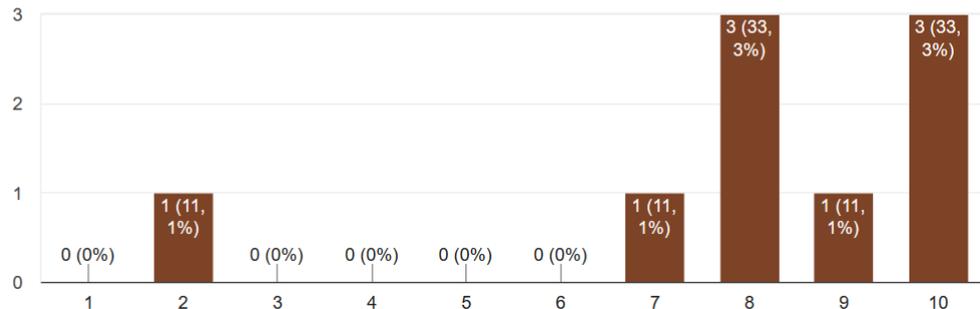
A questão pedia também que justificassem o ponto de vista e os respondentes, de forma geral, citaram que não imaginavam que a sustentabilidade envolvia todo esse conteúdo ao qual foram expostos em virtude do estudo. Alguns dos relatos: "Consegui entender que a sustentabilidade não está somente ligada ao meio ambiente como pensava anteriormente", "As diretrizes possibilitaram uma visão a respeito de questões que eu não me preocupava, como os prejuízos que um desenvolvimento sem uso das diretrizes pode causar ao meio ambiente." e "Se o plano elaborado for seguido à risca, não haverá tantos imprevistos no futuro gerando confiança e atraindo novos clientes. Atender requisitos levantados pelo cliente também ajuda no quesito, pelo fato de disponibilizar as ferramentas exatas agilizando processos internos da empresa."

Na segunda questão a ser respondida em uma escala de zero a dez, após o contato com as diretrizes apenas um participante disse não estar pensando mais em sustentabilidade após a aplicação do estudo, o que nos leva a crer que, os participantes que tiveram contato com o conteúdo aqui exposto, ao menos, irão refletir sobre o assunto em seus próximos projetos computacionais. Esta opinião pode ser observada na Figura 5.1, em que o eixo x é a escala de zero a dez considerada e o eixo y a quantidade de respondentes por escala.

Figura 5.1: Modo escalar de pensamento em sustentabilidade

O quanto você considera que está pensando em sustentabilidade de modo escalar, após o contato com as diretrizes

9 respostas



Fonte: Elaborada pelo Autor

E a última questão a ser respondida era: aponte de que forma mudou seus hábitos ou seus pensamentos foram influenciados de acordo com a referida pesquisa? A intenção de colocar uma questão aberta foi para que as pessoas pudessem expressar efetivamente o que elas teriam como ganho em conhecimento após a pesquisa, e apenas uma pessoa no estudo relatou não ter sentido mudanças significativas de comportamento ou pensamento com relação à pesquisa.

Todos os outros respondentes concordam que após o contato com as diretrizes, seu olhar sobre a temática mudou e que está mais atento sobre as questões de sustentabilidade, nas soluções criadas.

5.2.3 Percepções dos estudantes sobre o estudo

Além do questionário, foi realizada uma reunião com os dois grupos para que pudessemos ter um feedback das diretrizes. Em reunião com o Grupo G4, criador da solução de aluguel para casas de temporada, foi um consenso entre o grupo que as diretrizes estavam fáceis de se seguir e que foram autoexplicativas. O grupo relatou que “quando pensamos na solução por meio das diretrizes a solução como um todo faz muito mais sentido”, e isso se dá pelo fato de que quando pensado na criação da solução, ela é pensada, geralmente, em ser funcional e não em como o usuário a utilizaria.

Foi relatado também que eles tiveram uma avaliação de outras pessoas, eram externas à disciplina, em um seminário. Estas foram testar as soluções por eles criada, e que os pontos aos quais mais foram elogiados, foram os que eles se atentaram por causa do conhecimento obtido

pelas diretrizes. Relataram também que sem elas provavelmente não teriam pensado nesses pontos, como por exemplo em como o usuário utilizar-se-ia da solução.

Foi questionado se foi sentida a falta de algum ponto que poderia ser uma diretriz de sustentabilidade e não estava contemplado no estudo, o grupo informou que não se atentou para esta questão e tentou se manter fiel às diretrizes apresentadas.

Quanto à dificuldade de utilização das diretrizes, o relato foi de que algumas foi "em senso comum" e outras "não foi possível a utilização", pelo fato de envolver o ambiente empresarial, como por exemplo a de salários justos. Entretanto, consideraram que é mais fácil obter um produto bom ao final do desenvolvimento seguindo as diretrizes.

Em reunião, o grupo G2, desenvolvedor da solução para a joalheria, relatou que teve alguns problemas no desenvolvimento da aplicação pelo fato de que os integrantes do grupo não tinham muita habilidade com a programação requerida pelo trabalho. Portanto, optaram por deixar o trabalho mais funcional e, apesar de, por meio do conhecimento das diretrizes, identificar os pontos a serem melhorados como a acessibilidade da solução, não o fizeram por falta de conhecimento na linguagem de programação em que estavam desenvolvendo sua solução.

O prazo apertado para a entrega do trabalho na disciplina e a falta de conhecimento prévio dos requisitos de programação, dificultaram a produção da solução de forma que não foi possível seguir as diretrizes de uma maneira mais fiel. E esse fato foi sentido através do teste de usabilidade que foi feito, em que outras pessoas externas à disciplina avaliaram as soluções em um seminário. "Acompanhando o teste ficou bem claro que o usuário teve dificuldades que não teria ocorrido se tivéssemos conseguido implantar o conceito pregado pelas diretrizes".

A limitação de falta de conhecimento na ferramenta utilizada foi um fator impeditivo da solução ficar melhor de acordo com o grupo. Quando questionados sobre a identificação de alguma diretriz que deveria estar naquele conjunto e não constava, o grupo relatou que não imaginou e ainda considerou que as diretrizes estavam descritas de uma forma bem completa.

Foi relatado pelo grupo ao término da reunião de encerramento do projeto: "Várias limitações do site foram descobertas por causa das diretrizes, que não seriam pensadas pelo grupo se não as tivesse para ajudar na reflexão".

5.3 Análise e comparativo entre as soluções criadas

Para que fosse possível identificar se as soluções criadas pelos alunos, seguindo as diretrizes, ficou mais sustentável que as soluções dos alunos que não as seguiram, convidaram-se

especialistas na área para que pudesse ser feita a avaliação das soluções.

Os protótipos de projetos feitos pelos alunos foram analisados por três especialistas nesta área, que são estudiosos no assunto de sustentabilidade da área de computação. O perfil deles consiste em um doutor, um mestrando e um mestre, todos são pesquisadores da área de Interação Humano Computador, explorando a sustentabilidade na área e com idades entre 30 e 40 anos.

Para a avaliação, os especialistas utilizaram as diretrizes propostas neste trabalho e as diretivas propostas no trabalho de Junior (2017) que consiste em diretivas de sustentabilidade em engenharia de software, divididas por dimensões, conforme podem ser observadas na Figura 5.2.

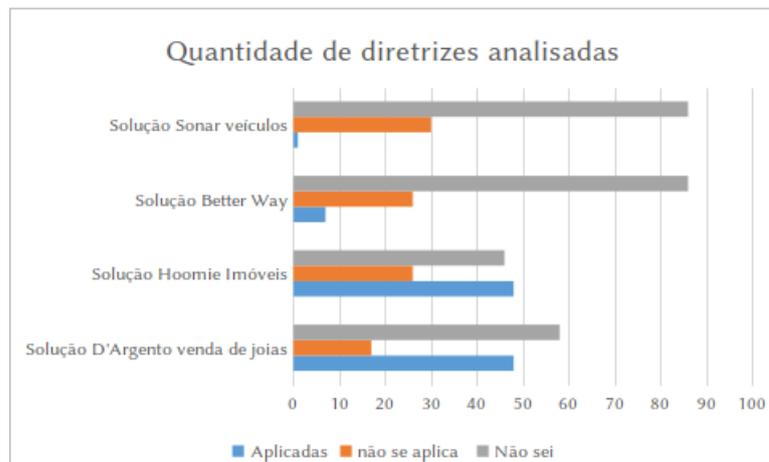
Figura 5.2: Diretivas identificadas por Junior (2017)

Dimensão	Diretiva
Dimensão Ambiental	Acidificação atmosférica
Dimensão Ambiental	Consumo
Dimensão Ambiental	Consumo de material
Dimensão Ambiental	Consumo e fontes
Dimensão Ambiental	Demanda aquática por oxigênio
Dimensão Ambiental	Ecotoxicidade para a vida aquática
Dimensão Ambiental	Emissões de aquecimento global
Dimensão Ambiental	Geração de resíduos
Dimensão Ambiental	Reciclabilidade do produto
Dimensão Econômica	Capital empregado
Dimensão Econômica	Gerenciamento de crise
Dimensão Econômica	Governança corporativa
Dimensão Econômica	Lucro e valor
Dimensão Econômica	Pesquisa e desenvolvimento
Dimensão Econômica	Remuneração dos acionistas
Dimensão Social	Atração e retenção de talentos
Dimensão Social	Criação de emprego
Dimensão Social	Educação, treinamento e desenvolvimentos
Dimensão Social	Produtos e etiquetas
Dimensão Social	Respeito pela privacidade do cliente
Dimensão Social	Saúde e segurança

Fonte: (JUNIOR, 2017, p.58)

As quatro soluções foram disponibilizadas para os especialistas sem a distinção de quais foram feitas sem o contato com as diretrizes e das soluções em que o grupo teve o contato com as diretrizes para desenvolver o trabalho. Elas foram disponibilizadas junto com um questionário que continha as 25 diretrizes propostas neste trabalho e as 21 diretivas de avaliação propostas no trabalho de Junior (2017).

O questionário continha as seguintes opções para cada diretriz analisada: Aplica, Não se aplica, e Não sei. Ao final de cada análise de solução, um espaço para comentários. Conforme pode-se observar na figura 5.3, a solução de Hoomie Imóveis e a Solução D' Argento, são as soluções que possuem mais diretrizes que foram consideradas como aplicadas pelos especialistas, e também foram estas as duas soluções criadas seguindo as diretrizes sustentáveis.

Figura 5.3: Quantidade de diretrizes analisadas

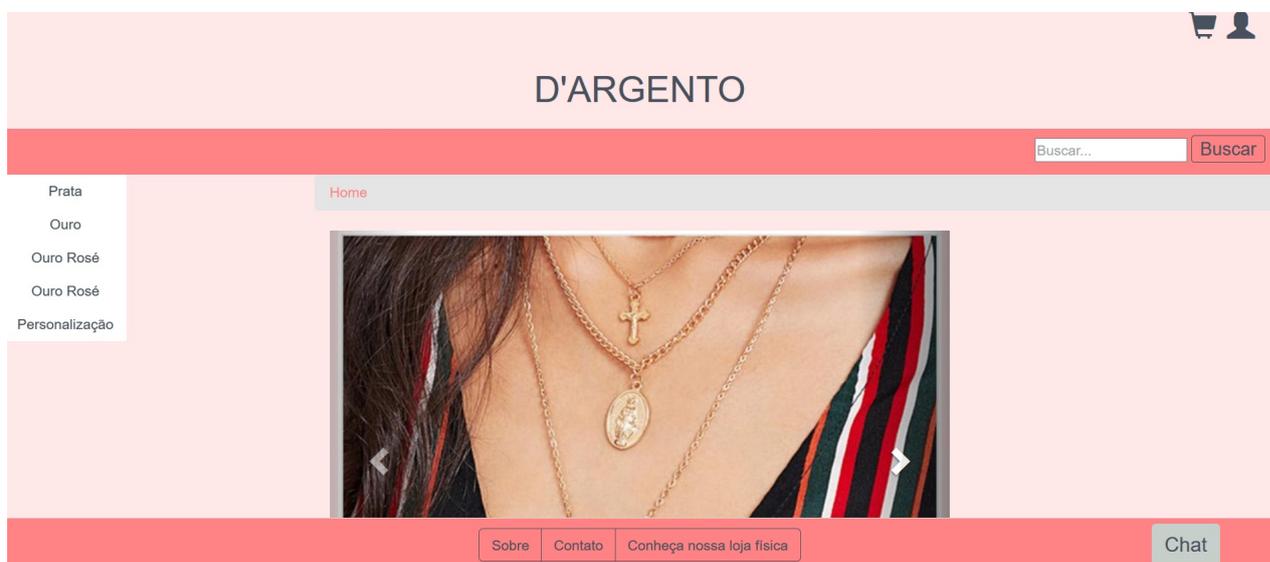
Fonte: Elaborada pelo Autor

Nítidamente as soluções criadas sem o auxílio das diretrizes, não tiveram muitos traços de soluções sustentáveis de acordo com as diretrizes propostas neste trabalho, conforme a opinião dos especialistas. E um outro fator que também deve ser levado em consideração é que como se tratava de soluções acadêmicas, as questões empresariais como por exemplo de salários ou questões que dependiam prioritariamente de ações da diretoria, não puderam ser verificadas, caindo na quantidade de diretrizes consideradas como não se aplica.

Talvez os alunos tivessem seguido com mais afinco o proposto se obtivessem alguma vantagem com o estudo. Mas apesar das vulnerabilidades, o estudo foi concluído com um grau significativo de resultados satisfatórios. Serão apresentados o esboço das soluções criadas pelos alunos nas Figuras 5.4 e 5.5 que são os grupos que seguiram as diretrizes.

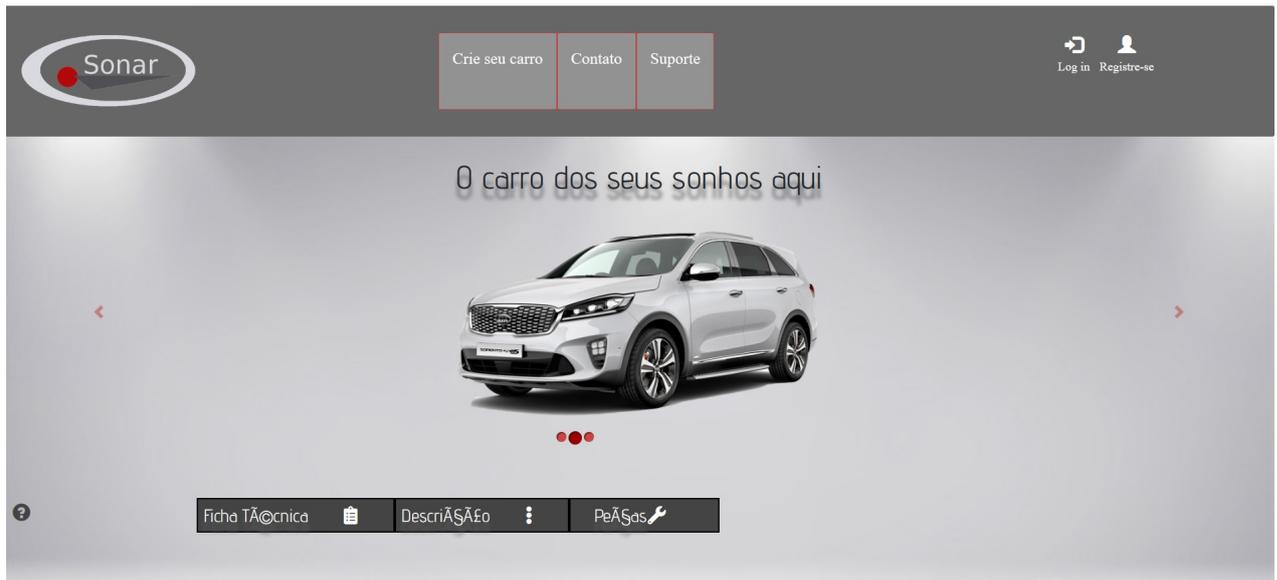
Figura 5.4: Interface web da solução Hoomie Imóveis

Fonte: Captura feita pelo autor

Figura 5.5: Interface web da solução D' Argentó

Fonte: Captura feita pelo autor

Essas duas soluções foram criadas seguindo as diretrizes sustentáveis propostas neste trabalho. O esboço apresentado refere-se à página inicial das soluções e foram testadas também as funcionalidades, como botões de ação, cadastro e movimentação dos objetos, feitos de maneira satisfatória. A seguir, nas figuras 5.6 e 5.7 serão apresentadas as soluções que foram criadas sem o contato com as diretrizes propostas neste trabalho.

Figura 5.6: Interface web da solução Sonar

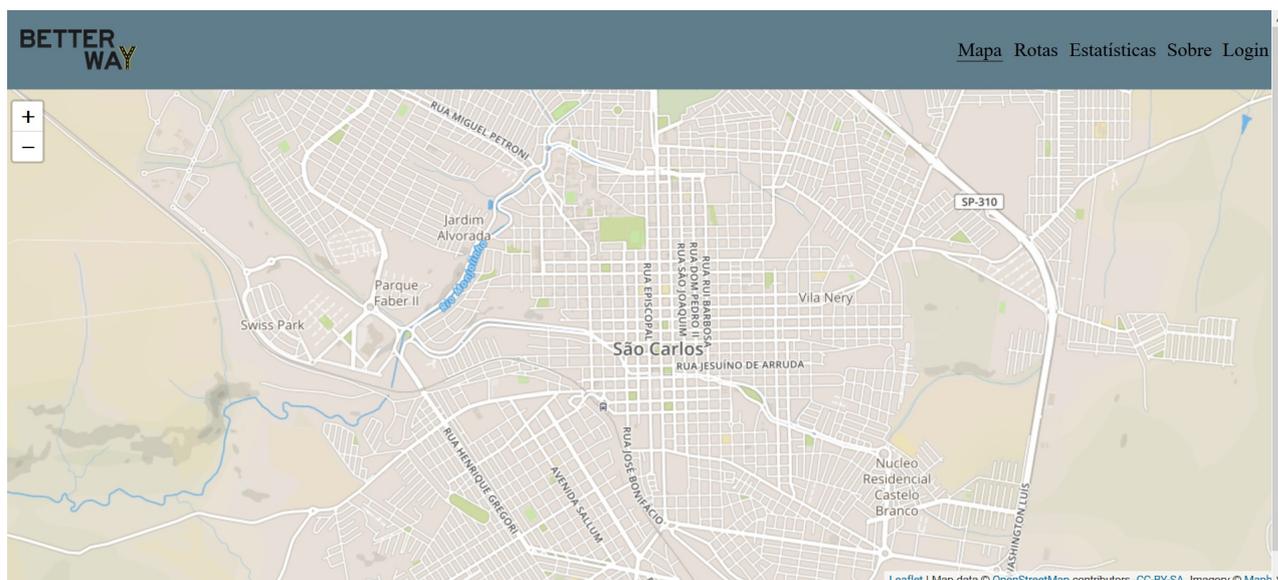
Fonte: Captura feita pelo autor

Como pode ser observado na solução criada para a venda de carros, visualmente não é possível um bom entendimento do que está escrito na solução. Isso dificulta o entendimento da solução, e demonstra uma falta de cuidado com o utilizador do produto. A falta de conhecimento para a construção pode ter influenciado em alguns quesitos a serem seguidos, porém, não ocuparam-se em resolver. Talvez, se norteados pelas diretrizes, teriam se ocupado em resolver os problemas visualmente aparentes.

Não há indícios de que o respeito pela privacidade do cliente, ou que a pesquisa no e o desenvolvimento da aplicação de forma a uma melhoria, foram consideradas por exemplo. O uso de materiais ecoeficientes na construção, ou que a solução possa ser escalável, que seriam indícios além dos mencionados pelo visual da solução que poderiam torná-la mais sustentável.

A solução criada para a mobilidade urbana também possui pouca flexibilidade de uso e com um design pouco sugestivo de acordo com os especialistas consultados, conforme pode ser visto na Figura 5.7. Menus pouco explicativos e um design um pouco confuso de ser entendido. Criar soluções que tenham em vista a preocupação com o usuário e consequentemente mais sustentáveis, ocupar-se de como os usuários utilizam e o quão facilitado este uso deve ser.

Poderia-se ter envolvido a comunidade no desenvolvimento, trazer um suporte a versões futuras, e incentivar o comportamento ético e respeito as pessoas, por ser uma solução de utilização pública. A melhoria na qualidade de vida da população entra juntamente com questões de sustentabilidade, principalmente visando o bem-estar da população.

Figura 5.7: Interface web da solução Better Way

Fonte: Captura feita pelo autor

Os resultados sugerem que as soluções criadas seguindo as diretrizes ficaram mais sustentáveis que as soluções que não foram criadas seguindo as mesmas, de acordo com a opinião dos especialistas consultados. A preocupação dos grupos que utilizaram as diretrizes na confecção de suas soluções, sobressaltou em relação aos outros.

As soluções criadas pelos grupos G2 e G4 preocuparam-se em utilizar-se de práticas já conhecidas na área de IHC, como os princípios do design universal e o W3C, integrantes das diretrizes para a sustentabilidade das soluções, mais também evidências que não são aprendidas na disciplina, como cuidar para o baixo esforço físico do usuário e utilizar-se de equipamentos mais ecoeficientes nas suas soluções, como notebooks por exemplo.

Como as diretrizes referem-se a um processo como um todo, algumas diretrizes podem ser difíceis de se identificar, apenas visualizando a solução, sem ter tido o contato com a criação da mesma. Nas reuniões feitas com os grupos, tentou-se diminuir essa lacuna. Identificando por meio das reuniões a modificação de pensamento, e o cuidado com todo o processo, não apenas o de desenvolvimento de algo utilizável.

Alguns dos comentários apresentados durante a avaliação dos especialistas foram: “não foi possível avaliar algumas diretrizes por não ser possível identificar indícios das mesmas na solução apresentada”, e apesar de concordar com esse ponto de vista, um grande número de diretrizes pôde ser identificado, o que deve ser levando em consideração como um fator de sucesso.

5.4 Uma pequena software house

Utilizamo-nos também como objeto de estudo de uma pequena software house com a finalidade de verificar a possibilidade da aplicação das diretrizes em um ambiente empresarial, tendo em vista que determinadas diretrizes não se aplicariam ao universo acadêmico.

A software house estudada foi uma empresa de pequeno porte que desenvolve softwares de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) e apps personalizados situada no município de São Sebastião do Paraíso no estado de Minas Gerais. A empresa possui 2 sócios, formados em Sistemas de Informação e possui quinze funcionários. Em sua maioria os funcionários são estudantes do curso de Sistema de Informação, ou formados a menos de 3 anos nos cursos relacionados à computação, sendo uma empresa com perfil jovem de funcionários em desenvolvimento.

Em meados de maio, o mesmo questionário aplicado aos alunos foi aplicado aos funcionários da empresa. Usaram-se as mesmas formas de coletas de dados tanto no estudo com os alunos, quanto na software house.

Na primeira visita à empresa foi explicada a pesquisa aos funcionários e todos assinaram o termo de consentimento sobre a pesquisa, que pode ser consultado no Anexo A. E as questões iniciais sobre sustentabilidade também foram aplicadas aos funcionários para entender como eles enxergam a sustentabilidade e a perspectiva que estes têm do conceito.

Na questão sobre o que você entende do termo de sustentabilidade, em síntese 90% dos respondentes conceituaram como algo que possa se sustentar ou se auto manter e 70% relacionaram o termo de alguma forma com o meio ambiente. Obtiveram-se relatos como : "Hoje vejo com mais importância cada detalhe da área de uma maneira sustentável, sendo que isso pode contribuir para nós que trabalhamos e para o meio ambiente de uma maneira significativa", "A necessidade de economizar recursos para o bem de todos, e também manter o desenvolvimento focado no benefício das pessoas, apesar do foco em lucro, é a única saída. Esses conceitos foram amadurecidos com o conhecimento sobre essas diretrizes" e "não pensava que aspectos de igualdade de gênero e usabilidade estaria ligado à sustentabilidade".

Quando perguntados como você entende sustentabilidade na área de computação, 90% dos pesquisados tiveram uma associação com o meio ambiente, e-lixo e a reciclagem de hardware, e 30% associaram de alguma forma ao software, como evitar desperdício de materiais, economia de processamento e softwares de fácil utilização pelas pessoas. Apenas um respondente associou às condições de trabalho e bem-estar de funcionários na empresa.

Na questão sobre como você definiria um design sustentável, a maioria associou o design a algo que influenciasse o comportamento das pessoas e os poucos respondentes que não tiveram essa linha de raciocínio disseram não saber como fazer a associação entre o design e a sustentabilidade.

A aplicação do estudo na empresa se deu de um modo diferente que na aplicação do estudo com os alunos, o intuito era verificar a possibilidade de aplicação das diretrizes no cenário empresarial e não de tentar aplica-las de fato neste momento.

5.4.1 Acompanhamento do projeto

Na empresa, a autorização para a conversa com os funcionários foi concedida pelos empresários e começou-se a reunião com a apresentação de uma síntese sobre o referencial de design para a sustentabilidade.

O estudo neste cenário empresarial difere do cenário acadêmico abordado anteriormente, pois não tínhamos o mesmo objeto de estudo, que seria uma aplicação em início de desenvolvimento e, portanto, a aplicação do estudo deu-se de forma informativa e exploratória quanto às práticas na empresa.

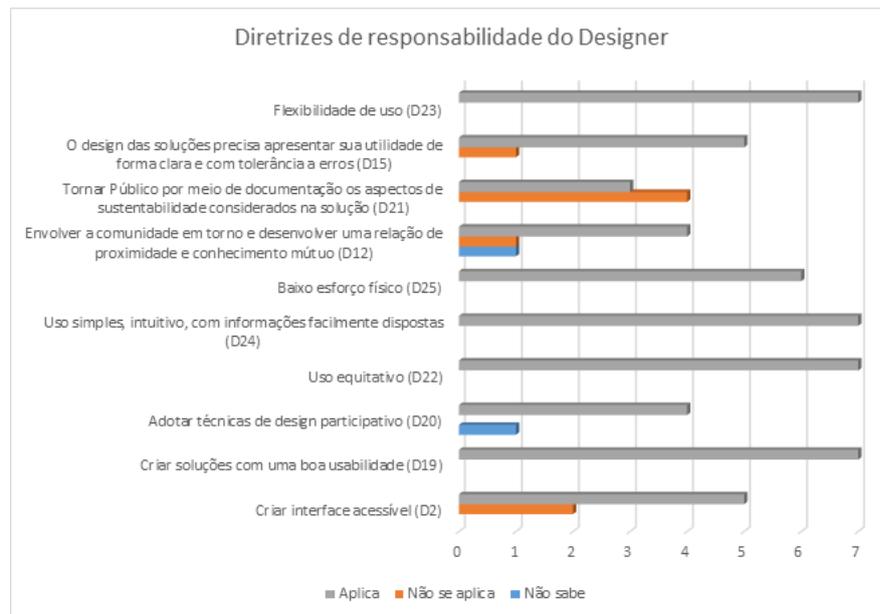
A empresa não possui uma pessoa específica que cuida apenas do design das aplicações, as tarefas são divididas por projetos entre os funcionários. E então após a explanação da literatura sobre sustentabilidade, foram apresentados em papel as diretrizes geradas neste trabalho, e elas foram deixadas na empresa por 15 dias para que eles pudessem refletir sobre as mesmas. Foram deixados também os contatos caso tivessem alguma dúvida, para que fossem sanadas com facilidade.

Quando em contato com as diretrizes, os funcionários tabularam quais das diretrizes poderia ser utilizada na empresa, quais não poderiam ser utilizadas ou se não sabiam se poderiam ser aplicadas ao cenário empresarial de acordo com a opinião dos funcionários. Vale ressaltar ainda que nenhum dos quesitos das diretrizes eram obrigatórios, os respondentes ficaram à vontade em responder o que estivessem confortáveis. E, após o tempo estabelecido, voltou-se à empresa para recolher as diretrizes deixadas anteriormente, e agruparam-se as mesmas por responsabilidades para quantificar a opinião sobre cada diretriz de acordo com os funcionários.

De acordo com as diretrizes, produto de pesquisa deste trabalho, os gráficos foram divididos por responsabilidades dos indivíduos de uma organização. A Figura 5.8 demonstra as diretrizes consideradas como responsabilidade do designer das soluções e a opinião dos funcionários a respeito das mesmas. O eixo x exibe a quantidade de pessoas e o eixo y exibe a diretriz

considerada. Os funcionários da empresa poderiam escolher entre: aplica-se, em que a diretriz poderia ser aplicada na empresa, não se aplica, em que a diretriz não poderia ser aplicada, e não sei, quando eles não teriam condição de avaliar se a diretriz poderia ser ou não utilizada na empresa.

Figura 5.8: Diretrizes de responsabilidade do designer

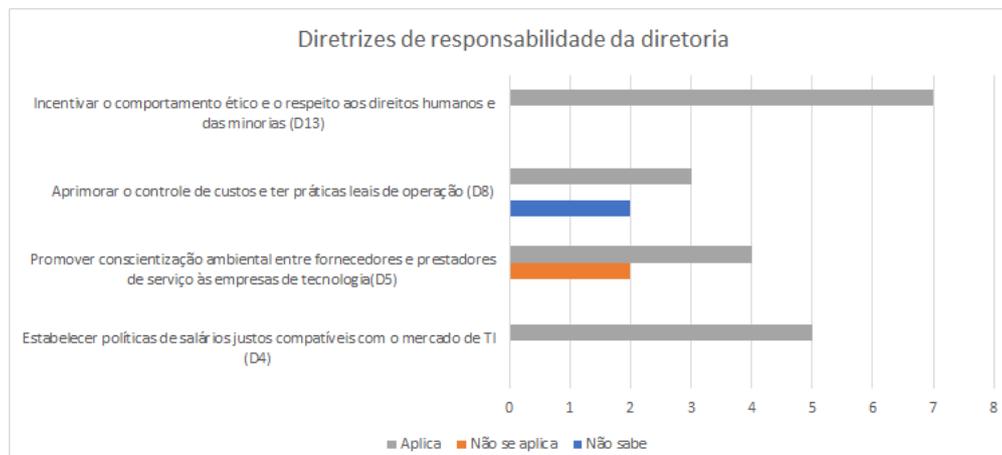


Fonte: Elaborada pelo Autor

Conforme demonstra a Figura 5.8, os respondentes consideraram que a maioria das diretrizes de responsabilidade do designer podem ser aplicadas à empresa. Como era um documento impresso, e eles poderiam escrever no documento, 4 respondentes disseram que algumas das diretrizes atualmente fazem parte dos processos da empresa como, o uso equitativo e criar soluções com uma boa usabilidade.

Dois respondentes também consideraram que criar interfaces acessíveis, não se aplica a empresa, o que deve ser observado com mais cuidado pelos gestores, tendo em vista ser uma software house. Sobre a diretriz de flexibilidade de uso, apesar de todos concordarem que é possível sua aplicação na empresa, alguns relataram que é um quesito que já existe mas, ainda precisa ser melhorado.

Agrupou-se outro conjunto de diretrizes sob responsabilidade da diretoria, entendendo que algumas ações precisam vir do alto escalão da organização. A figura 5.9 ilustra que alguns respondentes optaram por não responder estas questões, e talvez possa ter havido um certo receio em responder questões de salário, por exemplo.

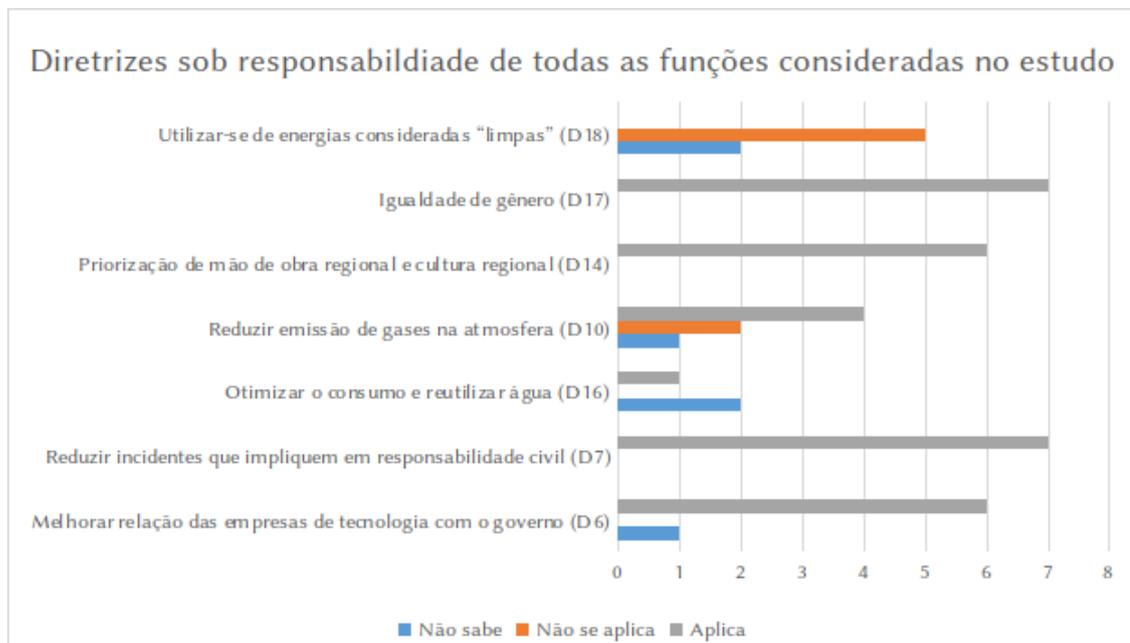
Figura 5.9: Diretrizes de responsabilidade da diretoria

Fonte: Elaborada pelo Autor

Quando questionados sobre controle de custos, apenas três respondentes disseram que se aplica esta prática na empresa, porém todos os outros se abstiveram da resposta, o que poder-se-ia ser um indício de que entenderam não ser uma questão que eles tivessem como opinar e ser a cargo efetivamente da diretoria. Eles teriam a opção de responder não sei, porém resolveram se abster. Dentre os respondentes havia um dos diretores da empresa.

A responsabilidade pela diretriz é de todas as funções que foram consideradas na criação das mesmas. A maioria dos respondentes, conforme mostra a figura 5.10 pensa que utilizar-se de energias consideradas limpas não se aplica à empresa, ignorando que tudo que eles utilizam para a construção de suas soluções utiliza-se de energia de alguma forma.

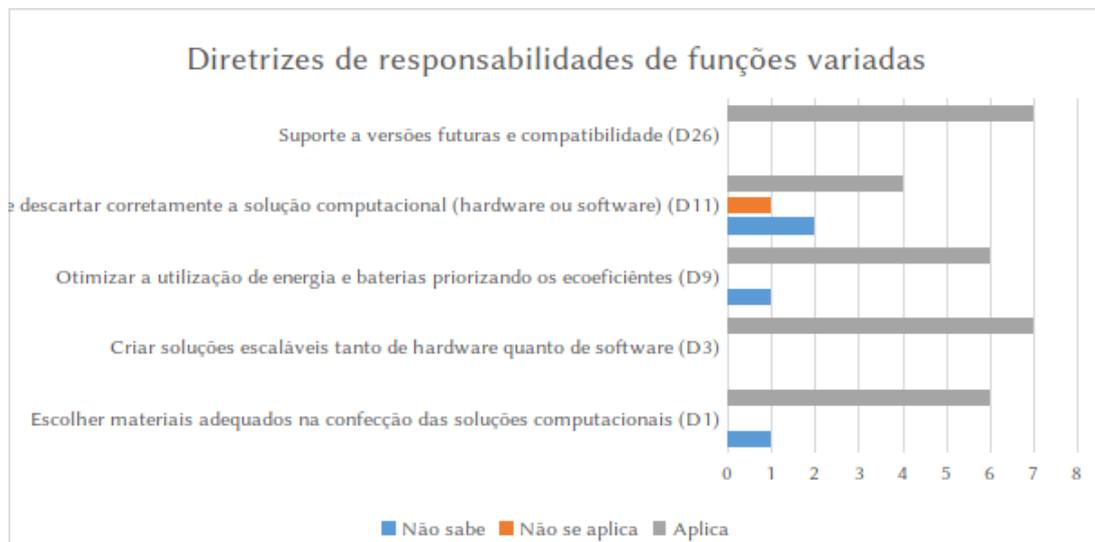
Em torno de 2 dos respondentes consideraram que não se aplica à empresa a responsabilidade pela emissão de gases, e 1 não sabe responder, conforme figura 5.10. Apesar com consenso entre todos pela igualdade de gênero, que a empresa pratica, não há na empresa nenhum outro gênero que não seja o masculino no quadro de funcionários.

Figura 5.10: Diretrizes de responsabilidade de todas as funções consideradas no estudo

Fonte: Elaborada pelo Autor

O último agrupamento se deu pelas diretrizes restantes que não possuíam um padrão de responsabilidades, as responsabilidades estavam aleatórias nestas diretrizes. E conforme demonstra a Figura 5.11 a coleta e o descarte das soluções ainda é de certa forma confusa entre os funcionários.

Quase metade dos respondentes considera que a empresa poderia ter esse processo, e o restante se divide entre 2 que não sabem como esse processo poderia se dar na organização e 1 não se aplica, mostrando que ainda a percepção de sustentabilidade não está bem nítida no processo de reflexão do grupo estudado.

Figura 5.11: Diretrizes de responsabilidade de funções variadas

Fonte: Elaborada pelo Autor

Quando questionados sobre suporte às versões futuras e compatibilidade, 100% dos respondentes consideraram que se aplica e que inclusive isso já constitui uma prática na empresa. Alguns relataram ainda que, apesar de ser aplicado, o processo poderia sofrer uma considerável melhora.

5.4.2 Avaliação dos funcionários da software house

Após o contato com as diretrizes, que foram apresentadas aos funcionários da empresa estudada, retornamos um mês depois dos funcionários serem expostos ao estudo. A intenção era verificar se de algum modo o contato com o conhecimento obtido teria feito alguma diferença.

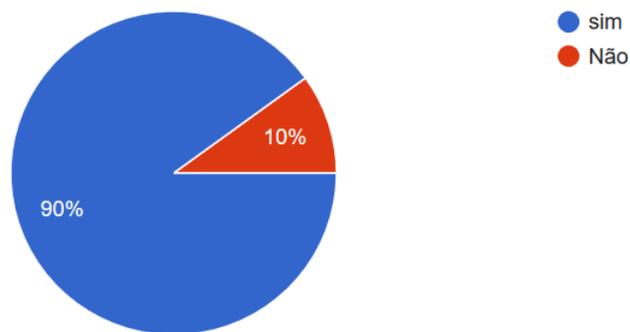
Foi aplicado aos funcionários o mesmo questionário no estudo final dos alunos, porém na empresa o foco não era a criação de uma solução e sim como eles receberam a ideia das diretrizes e se houve algum impacto após esse contato.

Quando questionados se a visão havia mudado após o contato com as diretrizes, apenas um dos dez respondentes da empresa disse que não mudou em nada conforme ilustra a figura 5.12

Figura 5.12: Visão dos respondentes da empresa após contato com as diretrizes

Após o contato com as diretrizes para a sustentabilidade na área de TI, você consideraria que sua visão neste quesito mudou?

10 respostas



Fonte: Elaborada pelo Autor

Nesta questão também havia um campo para que os respondentes justificassem a sua escolha, e a grande maioria concorda que após o contato com as diretrizes a sua visão sobre o assunto mudou. Aproximadamente 30% dos respondentes, equivalente a 3 pessoas, disseram que com o detalhamento das diretrizes visão mudou e que alguns processos que eram conhecidos e não eram implementados, a inserção delas ficaria mais fácil. “[..] portanto, existem algumas interessantes, as quais não se aplicavam na empresa atualmente e seria interessante aplicá-las em algum momento.”

Um outro relato que também se reforça por meio do contato com as diretrizes, é o de que antes eles não consideravam esses aspectos e a partir desse contato, passaram a considerá-los na criação de novas soluções e no pensamento quando estão criando uma nova ideia. E ainda tivemos um respondente que ficou surpreso quando viu que alguns aspectos de usabilidade e igualdade de gênero fossem questões de sustentabilidade.

Acredita-se estar caminhando para o objetivo de melhorar o pensamento dos estudados quando ouvimos o relato: “A necessidade de economizar recursos para o bem de todos, e também manter o desenvolvimento focado no benefício das pessoas, apesar do foco em lucro, é a única saída. Esses conceitos foram amadurecidos com o conhecimento sobre essas diretrizes”.

Na segunda questão focada em quanto mais o seu pensamento está voltado para criação de soluções sustentáveis após o contato com as diretrizes de modo escalar, conforme ilustra a figura 5.13, consideramos que todos os respondentes tiveram seu pensamento modificado após

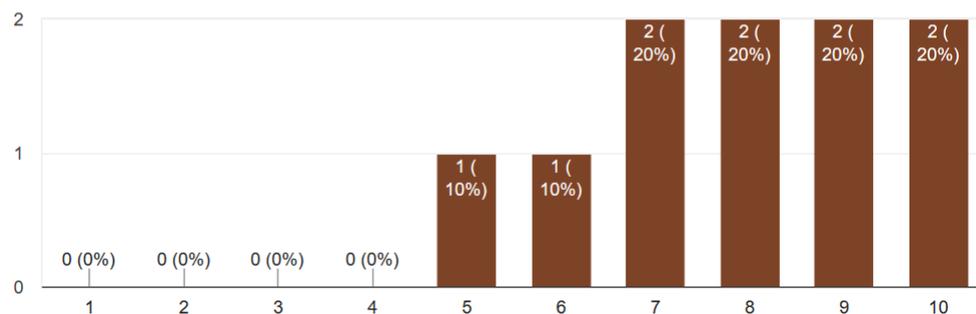
o estudo. Um dos respondentes, considerou ter seu pensamento pouco mudado, porém apesar de pouco considerou-se que mesmo sendo pequena a mudança, ela existiu.

Figura 5.13: Pensamento em sustentabilidade após contato com as diretrizes

O quanto você considera que está pensando em sustentabilidade de modo escalar, após o contato com as diretrizes



10 respostas



Fonte: Elaborada pelo Autor

Tendo em vista que não houve respostas abaixo de 5, e, portanto, mesmo quem considerou na questão anterior que a visão não tinha mudado, em um modo escalar, já percebe-se que a mudança existiu e talvez não tenha sido muito grande, mas, no entanto, houve.

A última questão a ser tratada era uma questão aberta com o intuito de conhecer mais a fundo o pensamento dos respondentes com relação à pesquisa. A questão pedia para que apontassem de que forma mudaram seus hábitos ou seus pensamentos foram influenciados de acordo com a referida pesquisa.

Dentre as respostas, muitos consideraram que a visão sobre sustentabilidade ainda era muito focada em questões ambientais e que a pesquisa abriu horizontes para que a atenção aos detalhes pudesse tornar as soluções criadas mais sustentáveis. Um relato que considerou-se importante é que após a pesquisa a empresa contratou um profissional dedicado a ser o designer, entendendo que se alguém pensasse no design do produto ele poderia melhorar em termos de qualidade e sustentabilidade.

O quadro de funcionários era composto apenas pelo sexo masculino e após a pesquisa foi contratada a primeira mulher. “Uma mudança importante na empresa ocorreu que 100% dos funcionários eram homens, e após a pesquisa nós contratamos a primeira mulher.” É o relato de um dos empresários.

Na pesquisa ainda pode ser considerado que ”o desenvolvimento passou a ter foco em

aumentar a reutilização de código ainda mais, melhorar o uso de microserviços e distribuição da carga computacional”. A reutilização de hardware é comum, porém a de software um pouco mais complexa e filosófica, fica aquém do que poderia ser feito se não for projetada para se dar de maneira escalável.

5.4.3 Análise crítica do cenário

Um grande passo para uma pequena software house foi notado a partir do conhecimento das diretrizes em como essas mudanças poderiam ser benéficas em termos de qualidade de soluções e em termos de sustentabilidade.

Quanto à aplicação das diretrizes na empresa, acredito que o objetivo foi cumprido de caráter informativo, e após o estudo, a empresa contratou a primeira funcionária, em um ambiente que antes era composto apenas pelo cenário masculino. Outra mudança ocorrida na empresa foi a contratação de um funcionário especificamente para desenvolver o design das aplicações, que antes era realizado pelos próprios programadores.

Em contato com um dos empresários, o relato foi de que a pesquisa ocorreu em uma hora que a empresa estava se expandindo e necessitando de orientação, e as diretrizes ajudaram nesse processo de orientação, em tomadas de decisão para expansão e novas contratações.

Plantar a semente da sustentabilidade em formadores de opinião e em pessoas as quais estão com o futuro da nação em suas mãos é um investimento a longo prazo e seus frutos só serão colhidos numa visão de futuro. No entanto, é importante que esse conhecimento seja introduzido agora pra que as futuras gerações possam desfrutar tanto quanto nós dos recursos e soluções criadas na atualidade, sem prejudicar as nações que ainda estão por vir.

Capítulo 6

CONCLUSÃO

6.1 Análise

Como pôde ser percebido durante a pesquisa, ficou claro que a noção de sustentabilidade visualizada pelas pessoas, ainda abrange um pequeno pedaço de sua amplitude. A reutilização, os diversos tipos de economia como, água, energia e reciclagem do lixo, são os mais presentes neste universo.

A partir dos dados e opiniões coletadas tanto na empresa quanto dos alunos que participaram do estudo, podemos perceber a necessidade de reforço nas outras questões sustentáveis que não sejam as mais comuns. Uma ampla divulgação e instruções voltadas à prática poderiam desenvolver melhor esta consciência nas pessoas, desenvolvendo-se uma análise para tal.

De acordo com Mourão et al. (2017), o método de análise de dados deve se dar de forma clara, para que o leitor consiga sintetizar o explanado. E, com as explicações do caminho percorrido, conseguir a replicabilidade do estudo de maneira mais próxima ao realizado. Ao longo do percurso metodológico, explanou-se o caminho percorrido para criação das diretrizes.

Quanto as limitações do estudo, as ameaças a validade da pesquisa incluem:

- a impossibilidade de aplicação das diretrizes diretamente à organização, e portanto estudar-se o ambiente empresarial de maneira mais concisa,
- o receio dos funcionários da empresa em relatar realmente suas opiniões em questões que envolvessem o financeiro da organização,
- a possível interferência da aplicação do estudo em alunos que teriam contatos uns com os outros e, conseqüentemente, poderiam compartilhar o material disponibilizado, ou seja, as diretrizes,

- o não comprometimento dos alunos que participaram do estudo, em realiza-lo de acordo com o proposto,
- o momento da aplicação do estudo, em que os alunos possuíam outras atividades em conjunto, pelo fim do semestre letivo, e talvez, por esse motivo a dedicação ao estudo tenha deixado à desejar.

A empresa se atentar por intermédio do estudo, a necessidade de contratação de uma mulher foi uma vitória para a igualdade de gêneros. E, ainda, entender que os programadores não possuem a mesma visão que um design de soluções para a melhoria contínua de seus produtos. São avanços sustentáveis ocorridos na organização.

Considerou-se, estas situações como importantes avanços em um ambiente empresarial por meio dos experimentos realizados. As primeiras práticas de uma área nova levam a tropeços necessários ao crescimento. E por meio do estudo é possível nortear futuras pesquisas, enfatizando as deficiências levantadas neste estudo.

A abrangência mais deficiente de quando o assunto é sustentabilidade na computação, são as questões econômicas. A dificuldade em entender o lucro junto e questões trabalhistas que respeitem as leis, como parte integrante e importante da sustentabilidade, ainda impressiona.

A vertente social do tripé, não é tão considerada quanto a ambiental, porém têm tido avanços importantes e tem sido bastante considerada pelas pessoas. Na computação, particularmente a área de IHC, contribui muito neste quesito. o olhar com uma outra visão às soluções e às pessoas faz com que possa-se criar soluções que realmente ajudem o modo de vida das pessoas.

6.2 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, poder-se-ia considerar o refinamento das diretrizes e ainda a aplicação de um estudo aprofundado em uma empresa de um porte maior que a empresa estudada neste trabalho. Realizar o acompanhamento de um projeto de concepção de solução, desde o início, na etapa de análise, fazendo-se assim um estudo próximo ao realizado aqui no cenário acadêmico, porém no cenário empresarial.

Em uma versão futura das diretrizes, poder-se-ia fazer a aplicação prática no cenário empresarial e verificar a melhor maneira de orientar os profissionais, por meio das diretrizes. Considerando como eles entendem melhor as propostas de orientação, construindo direções assertivas, e fazendo diretrizes voltadas ao entendimento completo do usuário, para que não haja dúvidas

quanto a sua aplicação. E como pretensão ter o alcance e a credibilidade como o W3C para os conteúdos web.

As diretrizes criadas por este estudo, não contemplam o pós produto, que também seria um novo estudo gerado a partir deste, considerando diretrizes para o descarte, reutilização e revitalização de hardware e software.

Quanto às ameaças à validade do experimento, podemos considerar que o tamanho da amostra talvez tenha sido pequeno, e a impossibilidade de fazer o estudo em uma empresa na qual estaria no processo de concepção e uma solução computacional.

Os alunos envolvidos no estudo tinham além da matéria em questão outras matérias, e, em conjunto o final do semestre letivo. Este fato pode ter dificultado o processo de seguir as diretrizes apontadas, tendo em vista que, além do conhecimento adquirido eles não obtiveram nenhum outro benefício em participar do estudo.

6.3 Considerações finais

Apesar da sustentabilidade na área da computação estar ainda em ascensão, a falta de informação entre as pessoas ainda é um fator que impede muitas vezes que elas trabalhem ou se comportem de maneira mais sustentável em seus projetos de TI.

Mudar a visão das pessoas que participaram da nossa pesquisa foi muito importante, haja visto que, recentes discussões têm alavancado a importância do tema, porém precisando ainda ser melhor difundido. Alguns relatos de que "alguma disciplina deste tipo deveria fazer parte da grade de estudos dos cursos de computação" reforçam esta necessidade.

O conhecimento a respeito do assunto pode melhorar não apenas em termos de qualidade de soluções, como também em termos de qualidade de vida, pois produções sustentáveis são aquelas que utilizam-se dos recursos no presente garantindo que os mesmos não falem no futuro. A cultura da sustentabilidade deve ser inserida e cultivada durante o tempo, para que seja lembrada e praticada por todos em suas ações.

O olhar pra as soluções computacionais, não pode mais ser e limitante no quesito ambiental, é preciso que a sustentabilidade seja abraçada na totalidade de seu termo, elencando também as questões sociais e econômicas. E este trabalho tende a contribuir para que este olhar sobre as soluções computacionais se expanda nesse sentido.

O trabalho desenvolvido por Kim et al. (2014), em que os autores aplicam indicadores de sustentabilidade em um hardware específico. A criação das diretrizes aqui sugeridas evolui

esta questão e evolui também as oito diretrizes traças por Zeid (2015). Os dois estudos focam no quesito ambiental e, portanto, a necessidade de orientar também outros processos faz-se presente, com a abrangência do termo de sustentabilidade. Neste sentido o trabalho avança o estado da arte.

Outras áreas já possuem normas a serem seguidas e que sem elas suas soluções também não teriam a qualidade e utilidade em seu resultado final. Portanto, a computação pode-se valer de instrumentos semelhantes, como as diretrizes resultantes do trabalho, para ajudar na construção de um futuro melhor, bem-estar das pessoas e uma qualidade de vida e ambiente para nossos descendentes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. D. A.; BARANAUSKAS, M. C. C. Universal design principles combined with web accessibility guidelines: a case study. In: BRAZILIAN COMPUTER SOCIETY. *Proceedings of the IX Symposium on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2010. p. 169–178. Citado na(s) página(s): 28
- ASSOCIATION, P. *Ministry of Defence “wasted millions on failed computer system”*. 2014. Disponível em: <http://www.theguardian.com/uk-news/2014/jan/14/ministry-of-defence-failed-computer-system>. Acesso em: 5 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 63
- BANNON, L. J. From human factors to human actors: The role of psychology and human-computer interaction studies in system design. In: *Readings in Human–Computer Interaction*. [S.l.]: Elsevier, 1995. p. 205–214. Citado na(s) página(s): 25
- BARANAUSKAS, M. C.; BONACIN, R. Design—indicating through signs. *Design Issues*, MIT Press, v. 24, n. 3, p. 30–45, 2008. Citado na(s) página(s): 25, 26, 29, 42, 63
- BARANAUSKAS, M. C. c. Socially aware computing. In: *Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 6. Citado na(s) página(s): 29, 30
- BARANAUSKAS, M. C. C.; HORNUNG, H. H.; MARTINS, M. C. Design socialmente responsável: desafios de interface de usuário no contexto brasileiro. In: *Anais do XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 91–105. Citado na(s) página(s): 29
- BARANAUSKAS, M. C. C.; SOUZA, C. S. de; PEREIRA, R. Grandihc-br: Prospecção de grandes desafios de pesquisa em interação humano-computador no brasil. In: *Companion Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. Porto Alegre, Brazil, Brazil: Brazilian Computer Society, 2012. (IHC '12), p. 63–64. ISBN 978-85-7669-262-1. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2400076.2400103>>. Citado na(s) página(s): 15
- BECKER, C.; BETZ, S.; CHITCHYAN, R.; DUBOC, L.; EASTERBROOK, S. M.; PENZENSTADLER, B.; SEYFF, N.; VENTERS, C. C. Requirements: The key to sustainability. *IEEE Software*, v. 33, n. 1, p. 56–65, Jan 2016. ISSN 0740-7459. Citado na(s) página(s): 55
- BENSCH, S.; KOLOTZEK, C.; HELBIG, C.; THORENZ, A.; TUMA, A. Decision support system for the sustainability assessment of critical raw materials in smes. In: *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 846–855. ISSN 1530-1605. Citado na(s) página(s): 58

- BHAMRA, T.; LOFTHOUSE, V. *Design for sustainability: a practical approach*. [S.l.]: Routledge, 2016. Citado na(s) página(s): 14
- BLEVIS, E. Sustainable interaction design: invention & disposal, renewal & reuse. In: ACM. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. [S.l.], 2007. p. 503–512. Citado na(s) página(s): 54
- BLEVIS, E. Seeing what is and what can be: On sustainability, respect for work, and design for respect. In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2018. (CHI '18), p. 370:1–370:14. ISBN 978-1-4503-5620-6. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3173574.3173944>>. Citado na(s) página(s): 53, 54
- BLEVIS, E.; KNOWLES, B.; CLEAR, A. K.; MANN, S.; HÅKANSSON, M. Design patterns, principles, and strategies for sustainable hci. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2016. (CHI EA '16), p. 3581–3588. ISBN 978-1-4503-4082-3. Disponível em: <<http://doi-acm-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1145/2851581.2856497>>. Citado na(s) página(s): 15
- BRASIL, P. *Pesquisa revela que mais de 100 milhões de brasileiros acessam a internet*. 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2016/09/pesquisa-revela-que-mais-de-100-milhoes-de-brasileiros-acessam-a-internet>. Acesso em: 22 ago. 2017. Citado na(s) página(s): 14
- BRUNDTLAND, G.; KHALID, M.; AGNELLI, S.; AL-ATHEL, S.; CHIDZERO, B.; FADIKI, L.; HAUFF, V.; LANG, I.; SHIJUN, M.; BOTERO, M. M. de et al. Our common future - brundtland report. Oxford University Press, USA, 1987. Citado na(s) página(s): 14, 19
- BURNELL, E. Design for survivability: A participatory design fiction approach to sustainability. In: *Proceedings of the 2018 Workshop on Computing Within Limits*. New York, NY, USA: ACM, 2018. (LIMITS '18), p. 6:1–6:4. ISBN 978-1-4503-6575-8. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3232617.3232628>>. Citado na(s) página(s): 50, 51, 52, 53
- CHUNG, C. Y. S.; PROSKURYAKOV, R.; SUNDARAM, D. Sustainable social shopping system. In: SPRINGER. *International Conference on Computational Collective Intelligence*. [S.l.], 2014. p. 114–124. Citado na(s) página(s): 20
- CHUNG, C. Y. S.; PROSKURYAKOV, R.; SUNDARAM, D. Design and implementation of sustainable social shopping systems. Citeseer, 2015. Citado na(s) página(s): 20
- FALLMAN, D. Design-oriented human-computer interaction. In: ACM. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. [S.l.], 2003. p. 225–232. Citado na(s) página(s): 25, 26, 27
- FARIA, C. *Diagrama de Afinidades*. 2017. Disponível em: <http://www.infoescola.com/administracao/diagrama-de-afinidades/>. Acesso em: 4 out. 2017. Citado na(s) página(s): 17, 67
- FERGUSON, C. J.; MARKEY, P. *Video Games Aren't Addictive*. 2017. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2017/04/01/opinion/sunday/video-games-arent-addictive.html>. 1 set. 2017. Citado na(s) página(s): 65, 66

- HAGEDORN, L.; BUCHERT, T.; STARK, R. Empirical study on aesthetics as an influencing factor on sustainability. In: *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 776–783. Citado na(s) página(s): 59
- HOUSE, P. B. “*This is what we die for*”: *Human rights abuses in the democratic republic of the Congo power the global trade in cobalt*. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://img.rtp.pt/icm/noticias/docs/e0/e0cf81e6a7fb292db8128c6375936a91_c3de733af1c9f2c9bada1672b0f93620.pdf>. Citado na(s) página(s): 21
- ISO14001. *Associação Brasileira de Normas Técnicas. Introdução à ABNT NBR ISO 14001*. 2015. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/publicacoes2/category/146-abnt-nbr-iso-14001?download>. Acesso em: 7 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 35
- ISO14045. *Gestão ambiental — Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto — Princípios, requisitos e orientações*. 2014. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/publicacoes2/category/146-abnt-nbr-iso-14001?download>. Acesso em: 10 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 37, 38, 39
- ISO26000. *Diretrizes sobre responsabilidade social*. 2010. Disponível em: [http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/\[field_enerico;imagens - filefield - description\]65.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/[field_enerico;imagens - filefield - description]65.pdf). Acesso em: 20 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 39, 40
- JUNIOR, N. G. *Diretivas para a Avaliação da Sustentabilidade em Soluções Computacionais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos, 2017. Citado na(s) página(s): , 17, 94
- KANNABIRAN, G. Ecofeminism and sustainable hci. In: *Proceedings of the 2014 Companion Publication on Designing Interactive Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2014. (DIS Companion '14), p. 185–190. ISBN 978-1-4503-2903-3. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2598784.2598795>>. Citado na(s) página(s): 42
- KIM, S.; MOON, S. K.; OH, H. S.; PARK, T.; CHOI, H.; SON, H. A framework to identify sustainability indicators for product design. In: *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 44–48. ISSN 2157-3611. Citado na(s) página(s): 56, 57, 65, 110
- LUNARDI, G. L.; ALVES, A. P. F.; SALLES, A. C. Ti verde e seu impacto na sustentabilidade ambiental. XXXVI Encontro da ANPAD, 2012. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/5381/2012_ADI1891.pdf?sequence=1>. Citado na(s) página(s): 32
- MAGO, B. Adoption of green information technology for sustainable development in context of uae. In: *2015 International Conference on Developments of E-Systems Engineering (DeSE)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 265–269. Citado na(s) página(s): 32, 33
- MANN, S.; BATES, O.; FORSYTH, G.; OSBORNE, P. Regenerative computing: De-limiting hope. In: *Proceedings of the 2018 Workshop on Computing Within Limits*. New York, NY, USA: ACM, 2018. (LIMITS '18), p. 1:1–1:10. ISBN 978-1-4503-6575-8. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3232617.3232618>>. Citado na(s) página(s): 54, 55
- MARHRAOUI, M. A.; MANOUAR, A. E. It innovation and firm’s sustainable performance: The mediating role of organizational agility. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Information Management and Engineering*. New York, NY, USA: ACM, 2017.

- (ICIME 2017), p. 150–156. ISBN 978-1-4503-5337-3. Disponível em: <<http://doi-acm-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3149572.3149578>>. Citado na(s) página(s): 21
- MINGAY, S. Green it: the new industry shock wave. *Gartner RAS Research Note G*, v. 153703, n. 7, 2007. Citado na(s) página(s): 23, 24
- MIZUNO, S. *Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade*. [S.l.]: LTC Rio de Janeiro, 1993. Citado na(s) página(s): 74
- MOCIGEMBA, D. Sustainable computing. *Poiesis and Praxis*, Springer Berlin / Heidelberg, v. 4, n. 3, p. 163–184, 2006. Citado na(s) página(s): 33, 43, 63, 64
- MOURÃO, E.; KALINOWSKI, M.; MURTA, L.; MENDES, E.; WOHLIN, C. Investigating the use of a hybrid search strategy for systematic reviews. In: IEEE. *2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*. [S.l.], 2017. p. 193–198. Citado na(s) página(s): 108
- MUSTAQUIM, M. M.; NYSTRÖM, T. Designing sustainable it system—from the perspective of universal design principles. In: SPRINGER. *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2013. p. 77–86. Citado na(s) página(s): 59, 60
- NERIS, V. P. de A.; RODRIGUES, K. R. da H.; LIMA, R. F. A systematic review of sustainability and aspects of human-computer interaction. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2014. p. 742–753. Citado na(s) página(s): 15, 20
- NEWS, B. *BBS fined £56m over “unacceptable” computer failure*. 2014. 20 nov. 2014. Citado na(s) página(s): 64
- NEWS, B. *Samsung permanently stops Galaxy Note 7 production*. 2016. Disponível em: <http://www.bbc.com/news/business-37618618>. Acesso em: 5 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 64, 65
- OLIVEIRA, R. R. de; NERIS, V. P. de A.; JÚNIOR, N. A. G. Perceptions of sustainability aspects in computing. In: ACM. *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2016. p. 55. Citado na(s) página(s): 20, 21, 59
- ONUBR, N. U. n. B. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. v. 15, 2015. Acesso em 4 Jun. 2017. Citado na(s) página(s): 19, 22
- OSORIO, J.; ROMERO, D.; BETANCUR, M.; MOLINA, A. Design for sustainable mass-customization: Design guidelines for sustainable mass-customized products. In: *2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–9. Citado na(s) página(s): 56
- PAPANEK, V.; FULLER, R. B. *Design for the real world*. [S.l.]: Thames and Hudson London, 1972. Citado na(s) página(s): 25
- PARENTE, A. et al. Indicadores de sustentabilidade ambiental: um estudo do ecological footprint method do município de Joinville-sc. Universidade do Vale do Itajaí, 2007. Citado na(s) página(s): 40

- PEREIRA, D. M.; SILVA, G. S. As tecnologias de informação e comunicação (tics) como aliadas para o desenvolvimento. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 10, p. 151–174, 2010. Citado na(s) página(s): 23, 24
- PEREIRA, R.; BARANAUSKAS, M. C. C.; ALMEIDA, L. D. A.; MIRANDA, L. C. d.; PICCOLO, L. S. G.; REIS, J. C. d. Towards a culturally aware design for social software. *International Journal for Digital Society*, v. 3, p. 595–604, 2012. Citado na(s) página(s): 30
- RISING, L.; REHMER, K. Patterns for sustainable development. In: *Proceedings of the 17th Conference on Pattern Languages of Programs*. New York, NY, USA: ACM, 2010. (PLOP '10), p. 13:1–13:11. ISBN 978-1-4503-0107-7. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2493288.2493301>>. Citado na(s) página(s): 22, 23
- SANTILLO, D. Reclaiming the definition of sustainability (7 pp). *Environmental Science and Pollution Research-International*, Springer, v. 14, n. 1, p. 60–66, 2007. Citado na(s) página(s): 21
- SAVITA, K. S.; DOMINIC, P. D. D.; RAMAYAH, T. The adoption of green information technologies and systems as a driver within green scm. In: *2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–6. Citado na(s) página(s): 32
- SBRAGIA, I. d. A.; ROCHA, R. M. A rotulagem ambiental e o consumidor. 2017. Acesso em: 1 nov. 2017. Citado na(s) página(s): 36
- SILVA, É. R. P. d. *Métodos para Revisão e Mapeamento Sistemático da Literatura*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Citado na(s) página(s): 44
- SOHN, M.; NAM, T.; LEE, W. Designing with unconscious human behaviors for eco-friendly interaction. In: *CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2009. (CHI EA '09), p. 2651–2654. ISBN 978-1-60558-247-4. Disponível em: <<http://doi-acm-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1145/1520340.1520375>>. Citado na(s) página(s): 55, 56
- SPANGENBERG, J. H. Design for sustainability (dfs): Interface of sustainable production and consumption. In: *Handbook of sustainable engineering*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 575–595. Citado na(s) página(s): 15, 20
- STEGALL, N. Designing for sustainability: A philosophy for ecologically intentional design. *Design Issues*, MIT Press, v. 22, n. 2, p. 56–63, 2006. Citado na(s) página(s): 59
- STORY, M. F.; MUELLER, J. L.; MACE, R. L. *The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities*. North Carolina State Univ., Raleigh. Center for Universal Design, 1998. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED460554.pdf>>. Citado na(s) página(s): 28, 29
- SUSTENTABILIDADE, P. da. *Rótulo Ecológico ABNT*. 2017. Disponível em: <http://http://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Rotulo/rotulo>. Acesso em: 15 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 36, 37
- SYAL, R. *Abandoned NHS IT system has cost £10bn so far*. 2013. Disponível em: <http://www.theguardian.com/society/2013/sep/18/nhs-records-system-10bn>. Acesso em: 5 jun. 2017. Citado na(s) página(s): 63

- W3C, B. Cartilha - acessibilidade na web. 2013. Acesso em: 5 nov. 2017. Citado na(s) página(s): 31
- WAAGE, S. A. Re-considering product design: a practical “road-map” for integration of sustainability issues. *Journal of Cleaner production*, Elsevier, v. 15, n. 7, p. 638–649, 2007. Citado na(s) página(s): 51, 52, 68
- WAAS, T.; HUGÉ, J.; VERBRUGGEN, A.; WRIGHT, T. Sustainable development: A bird’s eye view. *Sustainability*, Molecular Diversity Preservation International, v. 3, n. 10, p. 1637–1661, 2011. Citado na(s) página(s): 19, 20, 21
- WAKKARY, R.; DESJARDINS, A.; HAUSER, S.; MAESTRI, L. A sustainable design fiction: Green practices. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, ACM, v. 20, n. 4, p. 23, 2013. Citado na(s) página(s): 21
- WAZLAWICK, R. *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014. v. 2. Citado na(s) página(s): 16, 66
- WIDOK, A. H.; WOHLGEMUTH, V. Technical concept of a software component for social sustainability in a software for sustainability simulation of manufacturing companies. In: . Bordeaux, France: [s.n.], 2014. p. 75 – 81. Holistic sustainability;Life Cycle Assessment (LCA);Manufacturing companies;Material flow analysis;Occupational health and safety;Prototype implementations;Social LCA;Sustainability criteria;. Citado na(s) página(s): 33, 34
- WINOGRAD, T.; BENNETT, J.; YOUNG, L. D.; HARTFIELD, B. *Dringing Design to Software*. New York: ACM Press, 1996. Citado na(s) página(s): 24, 68
- XIN, Z.; MEI, Y.; CHENGLONG, W.; LIRONG, W. Study of sustainable factors in universal design. In: IEEE. *Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design, 2009. CAID & CD 2009. IEEE 10th International Conference on*. [S.l.], 2009. p. 1412–1415. Citado na(s) página(s): 22
- YANG, C.; ZHAO, H. Barriers to green technology innovation in large and medium-sized enterprises. In: *2011 International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences*. [S.l.: s.n.], 2011. v. 4, p. 175–178. Citado na(s) página(s): 32, 33
- ZEID, A. Cad tools for sustainable design. In: *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–5. Citado na(s) página(s): 58, 111

Apendice A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “DIRETRIZES PARA O DESIGN DE SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS CIENTES DA SUSTENTABILIDADE.”. Meu nome é Renata Rodrigues de Oliveira, sou o(a) pesquisador(a) responsável e minha área de atuação é Interação Humano Computador na Ciência da Computação. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador(a) responsável. Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelos pesquisador responsável, via e-mail (professoraxrenata@gmail.com) e, também, sob forma de ligação ou Whatsapp, através do seguinte contato telefônico: (35)998506708.

1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

1.1 A pesquisa intitulada DIRETRIZES PARA O DESIGN DE SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS CIENTES DA SUSTENTABILIDADE tem por objetivo formalizar um conjunto de recomendações para orientar os designs de soluções computacionais na concepção destas soluções, de maneira que na concepção já sejam pensados os aspectos de sustentabilidade. 1.2 Serão utilizados na pesquisa questionários com questões abertas e fechadas, para verificar o andamento do processo. Caso o grupo opte por reuniões e conversas sobre a evolução, serão gravados os áudios das conversas da referida reunião tanto de acompanhamento quanto de final do projeto. 1.3 O participantes que aceitarem contribuir com a pesquisa não obterão qualquer benefício, que não seja as informações geradas pela mesma, e o grupo de controle após a re-

alização dos testes necessários também obterão acesso à estas informações se desejar. 1.4 É garantido ao participante o anonimato como participante da pesquisa. 1.5 E a qualquer momento o participante pode desistir de participar da pesquisa sem que isso ocorra em nenhum ônus para o mesmo, e a recusa em participar do experimento também não acarretará em nenhuma penalidade ao participante. 1.6 É garantido à liberdade ao participante de não responder questões que lhe causem constrangimento em entrevistas e questionários

1.2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu,, inscrito(a) sob o RG/ CPF....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “DIRETRIZES PARA O DESIGN DE SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS CI-ENTES DA SUSTENTABILIDADE”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador(a) responsável Renata Rodrigues de Oliveira sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

São Carlos, de de 2018

Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável