



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA
MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS**

Thiago Augusto do Nascimento

São Carlos
2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA
MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS**

Thiago Augusto do Nascimento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de Concentração:
Sistemas Construtivos.

Orientador:
Prof. Dr. José Carlos Paliari

São Carlos
2013

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N244p Nascimento, Thiago Augusto do
Programa computacional para a avaliação da
produtividade da mão de obra na execução de sistemas
prediais / Thiago Augusto do Nascimento. -- São
Carlos : UFSCar, 2016.
90 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
São Carlos, 2012.

1. Produtividade da mão de obra. 2. Banco de
dados. 3. Sistemas prediais. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil
Rod. Washington Luís, Km 235
13565-905 – São Carlos – SP
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262
e-mail: ppgeciv@ufscar.br site: www.ppgeciv.ufscar.br

**“PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA
NA EXECUÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS”**

THIAGO AUGUSTO DO NASCIMENTO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em vinte e seis de outubro de 2012.

Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. José Carlos Paliari
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar

Prof. Dr. Alex Sander Clemente de Souza
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar

Prof. Dr. Luís Otávio Cocito de Araújo
Departamento de Construção Civil/Escola Politécnica/UFRJ

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar em todos os momentos de minha vida, e por tudo o que tenho e que sou.

Ao professor Dr. José Carlos Paliari, pela brilhante orientação, por ter compartilhado comigo seu grande conhecimento e experiência, fundamentais à realização desta dissertação, pela oportunidade e confiança depositada em mim e, acima de tudo, por sua amizade. Também pela sua compreensão diante das dificuldades no decorrer do trabalho.

Aos Professores Dr. Alex Sander Clemente de Souza e Dr. Simar Vieira de Amorim, pelas valiosas contribuições dadas no Exame de Qualificação.

Ao Engenheiro Sérgio Murilo de Oliveira Benedicto, pela valiosa contribuição em fornecer os projetos de sistemas prediais, que foram essenciais para a realização de testes e finalização do presente estudo.

Além disso, quero agradecer o apoio e incentivo dos professores e alunos da pós-graduação que me possibilitaram um grande aprendizado através de troca de experiências e discussões e na indicação de referências bibliográficas. Também aos funcionários deste Departamento, pela dedicação e eficiência no apoio.

Quero agradecer com muito amor, aos meus pais: Regina e Mario, que sempre estiveram ao meu lado, dando apoio irrestrito, com muito carinho, paciência, dedicação e compreensão e que são indiretamente os responsáveis por esta conquista, pois uma das grandes heranças que me deram foi o incentivo ao estudo.

A uma pessoa especial que conheci há pouco tempo, mas que já faz parte de minha vida, agradeço pelo apoio, incentivo, por todos os conselhos, todo carinho, cumplicidade e compreensão. Livia, Muito Obrigado!

A todos, meu sincero MUITO OBRIGADO.

" Há duas formas para se viver a vida: Uma é acreditar que não existe milagre. A outra é acreditar que todas as coisas são um milagre. (Albert Einstein). "

RESUMO

O incremento da produtividade de mão de obra é um fator importante para as empresas em geral diante de um cenário de competitividade. Na Construção Civil verifica-se uma grande oportunidade para a melhoria da produtividade da mão de obra e, dentre os serviços que merecem uma atenção nesta questão, destaca-se o de execução dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários e Gás Combustível (SPHSGC). No entanto, poucos trabalhos abordando a produtividade destes sistemas foram realizados, principalmente em função da dificuldade de coleta de dados, dificuldade esta agravada pelo fato de a sua execução ser muito fragmentada, dividida em diversas tarefas e subtarefas com esforços distintos, além de acontecer simultaneamente em pavimentos distintos. Neste contexto, justifica-se a elaboração de uma ferramenta computacional que integre o projeto de sistemas prediais, tendo como diferencial a utilização da interface gráfica, aos procedimentos de coleta de dados para avaliação da produtividade da mão de obra na execução destes sistemas prediais, objetivo deste trabalho. Para atingi-lo, inicialmente procedeu-se ao entendimento do conceito de produtividade e indicadores para sua mensuração, assim como os procedimentos necessários para a coleta de dados com o intuito de se mensurá-los, entendimento das partes de compõem os SPHSGC, bem como seu processo de execução, avaliação e escolha da linguagem de programação para a elaboração do programa computacional e, finalmente, sua elaboração, com a realização de testes para verificar sua aplicabilidade e confiabilidade. Como contribuições, destacam-se, inicialmente, o uso da interface gráfica dos projetos de sistemas prediais na obtenção dos dados relativos ao quantitativo da execução destes serviços, associando esta informação aos homens-horas demandados, nas suas diversas tarefas e subtarefas inerentes à sua execução. Além deste fator facilitador, o programa oferece ao usuário, que pode ser o gestor dos serviços ou até mesmo o responsável pela execução, os indicadores de produtividade da mão de obra e o estágio atual da sua execução ao longo dos pavimentos da edificação. Finalmente, destaca-se que o uso corrente desta ferramenta proporcionará aos gestores um banco de dados relativo à produtividade da mão de obra que poderá ser utilizado para fins de predição destes valores para obras futuras, estudo de viabilidade, dimensionamento correto das equipes de trabalho, levantamento de custos entre outros benefícios.

Palavras-chave: Produtividade da mão de obra, Banco de Dados, Sistemas Prediais.

ABSTRACT

The increased productivity of labor is an important factor for businesses in general face a scenario of competitiveness. In Construction there is a great opportunity for improving the productivity of labor and among the services that deserve attention in this issue, we highlight the implementation of Building Systems Hydraulic and Fuel Gas Piping (SPHSGC). However, few studies addressing the productivity of these systems have been conducted, mainly due to the difficulty of data collection, this difficulty compounded by the fact that its implementation be very fragmented, divided into several tasks and subtasks with different efforts, and happen simultaneously at different floors. In this context, justifies the development of a computational tool that integrates the design of building systems, with the differential use graphical interface, procedures for data collection to assess the productivity of labor in the execution of these building systems, goal this work. To achieve it, initially proceeded to the understanding of the concept of productivity and indicators for its measurement as well as the procedures for collecting data in order to measure them, understanding the parts compose the SPHSGC and the process of implementation, evaluation and choice of programming language for the development of the software and ultimately their development, with testing to verify its applicability and reliability. As contributions stand out initially using the graphical interface of the projects of building systems to obtain quantitative data regarding the performance of these services, linking this information to the man-hours defendants, in their various tasks and subtasks involved in their implementation . Besides this factor facilitator, the program offers the user, which can be the manager of services or even responsible for implementation, indicators of productivity of labor and the current stage of its implementation over the floors of the building. Finally, it is noteworthy that the current use of this tool will provide managers with a database on the productivity of labor that can be used for prediction of these values for future works, feasibility study, correct sizing of work teams, lifting costs among other benefits.

Keywords: Productivity of manpower. Database. Building Systems.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	15
1.3 Método de pesquisa.....	15
1.4 Estrutura do texto.....	17
2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....	18
2.1 Definição	18
2.2 A importância do estudo da produtividade	19
2.3 Fatores que afetam a produtividade	21
2.4 Apresentação do Modelo dos Fatores.....	23
2.5 Indicador de mensuração da produtividade.....	24
2.6 Classificação dos indicadores	25
2.7 Considerações finais acerca do capítulo	26
3. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL .	27
3.1 Definição e classificação	27
3.2 Sistema predial de água fria.....	28
3.2.1 Elementos do sistema predial de água fria.....	29
3.2.2 Componentes do sistema.....	30
3.2.3 Sistema de distribuição	30
3.3 Sistema predial de água quente.....	32
3.3.1 Finalidade de uso e temperatura.....	32
3.3.2 Sistema individual	33
3.3.3 Sistema central privado	33
3.3.4 Sistema central coletivo	35
3.3.6 Componentes do sistema.....	36
3.4 Sistema predial de esgoto sanitário	36
3.4.1 Subsistemas do SPES	37
3.4.2 Componentes	37
3.5 Sistema predial de água pluvial.....	39
3.5.1 Componentes	39
3.5.2 Exigências da NBR 10844:1989.....	40
3.6 Sistema predial de prevenção e combate a incêndio	41
3.7 Execução	42
3.8 Materiais empregados nos componentes	44
3.8.1 PVC.....	45
3.8.2 CPVC	46

3.8.3 Aço Carbono.....	46
3.8.4 Cobre	47
3.8.5 PEX.....	47
3.8.6 PPR.....	48
3.9 Considerações finais acerca do capítulo	49
4. PROGRAMAÇÃO UTILIZADA NO DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA	
COMPUTACIONAL.....	50
4.1 Tecnologia da informação aplicada na Construção Civil	50
4.2 <i>Softwares</i> utilizados na elaboração de desenhos.....	51
4.3 Recursos utilizados na elaboração do programa computacional	54
4.3.1 Banco de dados	54
4.3.2 Programas utilizados no gerenciamento do banco de dados.....	55
4.4 Escolha da linguagem de programação e <i>software</i> utilizados	57
4.5 Considerações finais acerca do capítulo	58
5. PROGRAMA COMPUTACIONAL	59
5.1 Premissas consideradas no desenvolvimento do programa computacional	59
5.2 Informações referentes à produtividade utilizadas na ferramenta computacional	59
5.3 Estrutura do Programa.....	61
5.4 Detalhamento da estrutura do banco de dados.....	61
5.4.1 Menu Cadastro	62
5.4.2 Menu Coleta de Dados.....	64
5.4.3 Menu Processamento	66
5.5 Testes realizados para a validação do banco de dados e verificação dos dados apresentados pelo programa computacional	68
5.5.1 Menu Cadastro	68
5.5.2 Menu Coleta de Dados.....	70
5.5.3 Menu Processamento	73
5.6 Simulação: Avaliação da emissão de relatórios	77
5.7 Considerações finais acerca do capítulo	81
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Delineamento da Pesquisa	16
Figura 2 - Representação simplificada de um sistema de produção	19
Figura 3 – Modelo dos Fatores para produtividade na Construção	24
Figura 4 – Produtividade da mão de obra	24
Figura 5 – Sistema predial de água fria	30
Figura 6 – Aparelho de aquecimento de água individual à eletricidade em corte	33
Figura 7 – Aquecedor de passagem a gás sem recirculação	34
Figura 8 – Sistema Central Privado (sistema conjugado a gás) – com recirculação	34
Figura 9 – Sistema Central Privado (sistema acumulação elétrico) – com recirculação	34
Figura 10 – Coletor solar	35
Figura 11 – Sistema predial coletivo distribuição de água quente	36
Figura 12 – Componentes do sistema predial de esgoto sanitário	39
Figura 13 – Componentes do sistema predial de águas pluviais.....	40
Figura 14 – Componentes do sistema predial de proteção e combate á incêndios: com uso de hidrantes.....	42
Figura 15 – Divisão dos sistemas prediais de suprimento de água fria e água quente.....	43
Figura 16 – Divisão dos sistemas prediais de suprimento de gás e de prevenção e combate a incêndios	43
Figura 17 – Divisão dos sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário e águas pluviais...	43
Figura 18 – Tubulações e conexões de PVC	45
Figura 19 - Tubulações e conexões de CPVC	46
Figura 20 - Tubulações e conexões de Aço Carbono.....	47
Figura 21 - Tubulações e conexões de Cobre.....	47
Figura 22 - Tubulações e conexões de PEX.....	48
Figura 23 - Tubulações e conexões de PPR.....	48
Figura 24 – Dados a serem informados/calculados pelo programa.....	60
Figura 25 - Menu Programa integrado ao Autocad	61
Figura 26 – Menu Principal do Banco de Dados.	62
Figura 27 – Tela do Menu Principal	62
Figura 28 – Tela de Cadastro - Menu Cadastro	63
Figura 29 – Tela de entrada do quantitativo de projeto - Menu Coleta de Dados.....	65
Figura 30 - Tela de entrada dos dados de execução da mão de obra - Menu Coleta de Dados	65
Figura 31 – Organograma contendo opções de filtros existentes no programa computacional	66

Figura 32 – Exemplo de resultados de produtividade da mão de obra.....	67
Figura 33 - Exemplo de relatório contendo relação de tarefas/subtarefas e seus respectivos valores de produtividade da mão de obra.	67
Figura 34 – Teste realizado no Menu “Empresa”	69
Figura 35 – Tela advertência de registro duplicado.....	69
Figura 36 – Tela de informação: todos os campos devem ser preenchidos	71
Figura 37 – Tela advertência de registro duplicado.....	71
Figura 38 - Tela do programa indicando os trechos de tubulações cadastrados	72
Figura 39 – Tela do programa indicando os trechos de tubulações executados	73
Figura 40 – Planilha de Cálculo da Produtividade da Mão de Obra	74
Figura 41 – Aviso informando que no período selecionado não há registros	75
Figura 42 - Indicadores de produtividade: Resultados obtidos pelo programa computacional.	76
Figura 43- Relatório porcentagem de serviço executado	77
Figura 44 – Projeto padrão cadastrado.....	78
Figura 45 – Resultados da simulação: exemplo de relatório sobre indicadores de produtividade da mão de obra	78
Figura 46 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste	79
Figura 47 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste 02	79
Figura 48 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste 03	80
Figura 49 - Relatório gerado com dados de produtividade das três obras cadastradas	80
Figura 50 – Relatório de porcentagem de serviço executado.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores influenciadores da produtividade	22
Quadro 2- Tipos de sistemas prediais em função do insumo e/ou serviço requerido pelos usuários	28
Quadro 3 – Temperaturas nos Ambientes Ambiente.....	32
Quadro 4 – Materiais empregados em tubos e conexões dos Sistemas Prediais	44
Quadro 5 - Programas CAD comerciais, suas empresas de desenvolvimento e formatos de armazenamento	52
Quadro 6 - Rotinas para a validação - Menu Cadastro	68
Quadro 7 - Rotinas para a validação - Menu Coleta de Dados	70
Quadro 8 - Rotinas para a validação - Menu Processamento	74
Quadro 9 – Indicadores de produtividade: Resultados da planilha de Cálculo Excel®	76

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários e de gás combustível (SPHSGC) são sistemas físicos, integrados a um edifício, e que têm por finalidade dar suporte às atividades dos usuários, suprindo-os com os insumos prediais necessários e propiciando os serviços requeridos (GONÇALVES, 2007).

A sua importância não diz respeito apenas à questão funcional da edificação, mas também quanto à necessidade da sua execução nos moldes da qualidade e produtividade. Especificamente, com relação à produtividade da mão de obra, a coleta de informações na execução destes sistemas é uma das mais complexas, quando comparada a outros sistemas constituintes de uma edificação, por se configurar numa execução muito fragmentada tanto em termos de trechos de tubulações quanto em termos de momentos e locais simultâneos de execução. Como consequência, a atividade de coleta de dados pode ser onerosa, com um número elevado de planilhas de levantamento de dados, dificultando a atividade de avaliação do desempenho da sua execução de uma forma sistêmica por parte do contratante destes serviços e de quem os executa.

Outro ponto a ser considerado é que poucas empresas conhecem realmente a produtividade na execução destes serviços, pelo fato deste ser muitas vezes subempreitado. Assim, é comum se destinarem verbas para sua execução baseadas em obras já realizadas, sem um acompanhamento efetivo do desempenho quanto à produtividade, o que pode levar a celebração de aditivos para o término dos serviços.

Portanto, a elaboração de uma ferramenta que possibilite números de produtividade da mão de obra, de forma facilitada, dada as características de execução deste serviço já citadas, permitirá às empresas trabalharem com dados mais consistentes na hora de efetuarem o orçamento de suas próprias obras, no momento de negociação com seus parceiros (subempreiteiras), tornando-as mais competitivas no mercado. Ressalta-se também que, por parte do contratado (subempreiteiras), o uso desta ferramenta também se torna essencial como forma de controlar seus custos e, conseqüentemente, ter maior poder de negociação junto aos seus contratantes.

Para atender este requisito, a ferramenta computacional deverá integrar o projeto de SPHSGC aos procedimentos de coleta de dados, sendo este o principal diferencial no procedimento adotado neste trabalho, com o intuito de se obter indicadores de produtividade da mão de obra na execução destes sistemas, associado à constituição de um banco de dados que permitirá ao seu usuário informações para efeito de predição da produtividade para obras futuras, bem como dar subsídios para o correto dimensionamento das equipes, estimativas de

custos, entre outros benefícios, dentre os quais se destaca a correção de desvios ao longo da execução da obra em que se estiver aplicando esta ferramenta.

1.1 Justificativa

A indústria da Construção Civil difere muito das outras indústrias, uma vez que apresenta peculiaridades que se remetem a uma estrutura dinâmica e complexa. A execução de qualquer empreendimento estabelece uma combinação de recursos (materiais, mão de obra, equipamentos e capital), os quais estão sujeitos a limites e restrições. A utilização de recursos no devido tempo e o fornecimento de dados para o controle somente são possíveis através de um bom sistema de gestão e planejamento.

A gestão correta dos recursos físicos utilizados na Construção Civil, especialmente a mão de obra, caracteriza um dos principais desafios que esta indústria enfrenta. Dentre seus problemas, a má produtividade merece destaque, uma vez que os gestores das obras não costumam ter conhecimento da quantidade de mão de obra que se despende para produzir determinado serviço e, conseqüentemente, acabam não tendo parâmetros para se basearem na tomada de decisões.

A medição da produtividade é um instrumento importante na gestão da mão de obra, pois se pode reduzir custos e aumentar a motivação no trabalho.

Assim, estudo da produtividade da mão de obra na Construção Civil justifica-se por ser uma das questões primordiais dentro do processo de gestão das empresas, levando em conta que a produtividade influencia diretamente em questões orçamentárias, nas durações das atividades e, por conseguinte do empreendimento.

Para Araújo e Souza (2001), determinar a eficiência na transformação dos recursos físicos presentes na obra, bem como detectar e quantificar a influência de fatores que possam ser relacionados a perdas dessa eficiência, caracteriza-se como um potente instrumento para se balizar a busca da melhoria do processo de produção de obras.

Para que o planejamento de obras de construção civil seja o mais preciso possível é necessário utilizar dados sobre o tempo gasto para execução de um determinado serviço. Para tanto é necessário mensurar a produtividade da mão de obra. Utilizar, por exemplo, o dobro de funcionários para execução de uma tarefa, não implica em dobrar a velocidade de produção. A empresa tem que conhecer os dados de produtividade para a execução dos serviços que oferece, pois estes dados não são encontrados facilmente na literatura, mas são de importância fundamental para o planejamento e orçamento de obras (SANTOS e outros, 2006).

Dentre os serviços que merecem uma atenção nesta questão destaca-se o de execução dos SPHSGC.

No entanto, poucos trabalhos sobre esta questão foram realizados tendo-se como foco os SPHSGC, principalmente em função da dificuldade de coleta de dados, a qual é agravada pelo fato de a sua execução ser muito fragmentada quando comparada a outros serviços de Construção. Sua execução é dividida em diversas tarefas e subtarefas, com esforços distintos, além de acontecerem em pavimentos distintos, em alguns casos.

Soma-se a este fato a possibilidade, não pouco comum, da execução incompleta dos sistemas ao longo dos pavimentos por problemas diversos, entre eles, a falta de componentes.

Assim, a coleta de dados demanda uma grande organização por parte do pesquisador ou do gestor de obras interessado na avaliação da produtividade da mão de obra na execução destes sistemas e, conseqüentemente, exige também um esforço adicional no processamento dos dados.

Em termos práticos, este controle é incipiente em algumas obras acarretando reprogramação de serviços e custos adicionais como o pagamento de prêmio por tarefas cumpridas.

A capacidade das empresas de mensurarem com maior precisão a produtividade da mão de obra proporciona uma economia tanto na compra de insumos quanto na contratação de serviços ou mão de obra para execução.

A utilização de um banco de dados sobre produtividade da mão de obra na execução dos SHPSGC da própria empresa proporciona aos gestores trabalharem com os valores que mais representam seu desempenho, uma vez que reflete as experiências vivenciadas pela empresa no mercado de Construção.

Desta forma justifica-se a elaboração de uma ferramenta computacional que integre o projeto de sistemas prediais, no que diz respeito, as respectivas quantidades de serviços das partes destes SPHSGC, traduzidas em termos de tarefas e subtarefas e alocação da mão de obra.

A utilização de uma ferramenta computacional auxiliará na visualização e controle da obra, eliminando a utilização de projetos impressos e planilhas que são utilizadas atualmente para esse tipo de controle, pois para a coleta de dados dos SPHSGC são necessários os projetos hidráulicos e sanitários e um grande número de planilhas, o que dificulta a retirada de informações sobre produtividade.

O resultado pretendido com a aplicação desta ferramenta é proporcionar ao gestor de obras (ou pesquisador) respostas rápidas a respeito da produtividade da mão de obra na

execução destes sistemas, permitindo ao mesmo a possibilidade de intervenção no sentido de corrigir eventuais falhas existentes, além de proporcionar o levantamento dos quantitativos para efeito de pagamento da mão de obra e criação de banco de dados com produtividades de diversas obras da empresa.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste na proposição de um sistema de mensuração da produtividade com a utilização de um programa computacional que integre projeto, produção e avaliação da produtividade da mão de obra na execução dos SPHSGC.

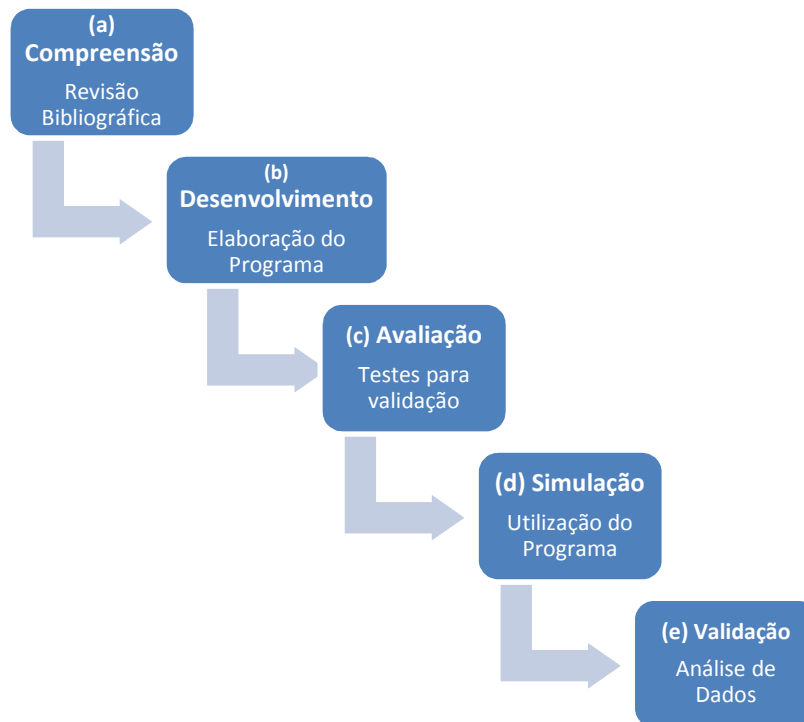
Como objetivos específicos, destacam-se:

- (a) Subsídios para determinação da melhor composição de equipes (oficiais versus ajudantes);
- (b) Gerar relatórios contendo valores da produtividade da mão de obra nas suas diversas modalidades;
- (c) Com o acompanhamento e avaliação da execução, permitir a composição um banco de dados, com subsídios para previsão da produtividade para obras futuras;
- (d) Realizar a união do projeto (interface gráfica) com o um banco de informações referentes à produtividade e execução da obra.

1.3 Método de pesquisa

A condução da pesquisa foi dividida em 4 Macros-Etapas: (A) Compreensão, (B) Desenvolvimento (C) Avaliação e (D) Simulação (E) Validação. Estas Macros-Etapas, assim como as etapas que as compõem, estão apresentadas na Figura 1, enquanto que seu detalhamento é feito na sequência.

Figura 1– Delineamento da Pesquisa



Fonte: Autor.

- (a) **Compreensão:** foi efetuada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e definições de produtividade da mão de obra, assim como sobre os principais trabalhos realizados no país e no exterior sobre estes assuntos. Além da conceituação, focaram-se também os métodos de coleta, processamento e análise utilizados nestes trabalhos. Insere-se aqui, ainda, uma revisão bibliográfica sobre *softwares* passíveis de utilização para o desenvolvimento desta ferramenta computacional;
- (b) **Desenvolvimento:** elaboração da ferramenta computacional a ser inserida no programa Autocad e desenvolvida na linguagem VB.net utilizando projetos já existentes de SPHSGC e desenvolvidos em linguagem CAD, nos moldes necessários aos gestores de obras para a avaliação da produtividade da mão de obra;
- (c) **Avaliação:** primeiramente serão realizados pequenos testes nos menus, onde serão inseridos dados, a fim de testar a aplicabilidade da ferramenta computacional e realizar correções de eventuais problemas que possam surgir, posteriormente será inserido um projeto teste para verificar o desempenho

completo do programa tanto nos menus quanto do processamento dos dados para validação da ferramenta computacional;

- (d) **Simulação:** nesta etapa será realizada uma simulação com o objetivo de se avaliar se os resultados obtidos utilizando-se o programa estão em consonância com os obtidos na forma tradicional, ou seja, com a utilização de planilhas eletrônicas, de forma a validar o programa desenvolvido.
- (e) **Validação:** será realizada a inserção de um projeto dos SPHSGC com todos seus andares e posterior simulação de coleta de produtividade da mão de obra, com intuito de verificar a qualidade das informações geradas pelo programa, a fim de verificar a confiabilidade dos dados obtidos e a facilidade de utilização tanto no lançamento do projeto quanto na coleta de dados de produtividade da mão de obra.

1.4 Estrutura do texto

Além deste capítulo introdutório, no qual se aborda a justificativa da escolha do tema e objetivos e procedimentos metodológicos para a elaboração do programa computacional, este texto é composto por mais cinco capítulos, a saber.

O capítulo 2 refere-se à produtividade da mão de obra na execução dos SPHSGC, no qual serão abordados a definição, importância, fatores que afetam a produtividade além do método para a coleta de dados.

No capítulo 3 são apresentados os SPHSGC de uma edificação com ênfase nas definições, elementos e componentes constituintes e também quanto à sua execução.

O capítulo 4 diz respeito os requisitos utilizados para o entendimento e elaboração do programa computacional proposto. Nesse capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica de *softwares* utilizados, definições de atributos utilizados e os programas que serão utilizados para o desenvolvimento do programa computacional.

No capítulo 5 é abordado o funcionamento do programa computacional no que diz respeito à sua estruturação, procedimentos, dados de entradas e saídas do processamento. Todos os testes para validação e verificação do funcionamento do programa também estão descritos neste capítulo.

Finalmente, o Capítulo 6 é dedicado às considerações finais, no qual se apresentam as dificuldades e virtudes do programa desenvolvido, além de sugestões de futuros trabalhos.

2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

O estudo da produtividade da mão de obra é de fundamental importância para elaboração do programa computacional, pois a partir do entendimento de como ela pode ser coletada, avaliada e quais fatores interferem na sua quantificação, pode-se criar uma ferramenta capaz de facilitar e agilizar a coleta dessas informações.

2.1 Definição

A produtividade é um indicador de desempenho da Construção, de modo que sua mensuração pode demonstrar se os serviços estão sendo executados dentro dos limites previstos pela empresa.

Basicamente, pode-se defini-la como uma relação entre os recursos utilizados (*input*) e os resultados obtidos (*output*) e os conceitos de produtividade se aplicam em diferentes áreas de conhecimento (MARTINS & LAUGENI, 2006). Segundo o *Bureau of Labor Statistics* - BLS (2011) a produtividade é uma medida da eficiência econômica que mostra quão efetivamente as entradas são convertidas em saídas.

A produtividade é uma relação entre o valor das saídas e o custo dos recursos utilizados para a obtenção das mesmas, e por fim, uma relação entre saídas e entradas de qualquer sistema produtivo, mensuradas financeiramente. A produtividade passa a ser “geralmente representada como uma razão entre os recursos (físicos ou financeiros) que entram num processo e os resultados que saem do mesmo (produtos, serviços, capital, etc.)” (ARAÚJO, 2000).

Do ponto de vista de Lovell citado por Brito (2003), a produtividade varia conforme as diferenças nas tecnologias de manufatura utilizadas pelas organizações, na eficiência do plano de operação observado, e no ambiente em que ocorre a produção. A análise desses fatores leva à identificação de possíveis fontes de ineficiência técnica, bem como a alternativas que possibilitam o aumento da produtividade.

Na construção civil, a produtividade é medida em diferentes níveis de detalhe para diferentes fins. Por exemplo, ela pode ser medida para identificar as tendências do setor e permitir comparações de desempenho com outros setores da indústria (BFC, 2006).

Através de uma razão simples é possível identificar um ponto máximo de produtividade quando se tem uma situação onde os resultados pretendidos são alcançados

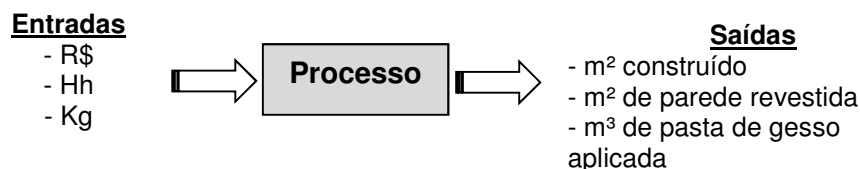
com o emprego de uma menor quantidade de recursos possíveis. Ou seja, produzir mais (e melhor) com cada vez menos recursos (JENNINGS, 2003).

Souza (2000) entende que o estudo da produtividade no processo de produção de obras de Construção Civil pode ser feito sob diferentes abordagens. Em função do tipo de entrada (recurso) a ser transformada, poder-se-ia ter o estudo da produtividade com pontos de vista: físico, no caso de se estar estudando a produtividade no uso dos materiais, equipamentos ou mão de obra; financeiro, quando a análise recai sobre a quantidade de dinheiro demandada; ou social, quando o esforço da sociedade como um todo é encarado como recurso inicial do processo.

Assim, a produtividade é medida pelas horas de trabalho por unidade de serviço, com entradas de recursos, tais como equipamentos e os custos indiretos, sendo geralmente correlacionadas as horas trabalhadas (SONG e ABOURIZK, 2008).

A partir da visão genérica, é possível particularizar o estudo da produtividade de acordo com a necessidade imposta. Assim, no caso da Construção Civil, a produtividade pode ser definida como sendo a eficiência na transformação dos recursos (financeiros ou físicos) em produtos ou serviços (SOUZA, 2001) conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Representação simplificada de um sistema de produção



Fonte: MAEDA, SOUZA (2000)

Considerando a produtividade um fator chave para o sucesso de uma organização, a tendência é que a busca por soluções que visem melhorá-la também cresça, resultando no surgimento de outra necessidade, como a questão da mensuração.

No presente trabalho entende-se produtividade como uma relação entre entradas de recursos físicos (no caso a mão de obra e o tempo demandado para execução dos serviços), e saídas de um processo em unidades coerentes com a quantificação dos SPHSGC (metros de tubulação, metros de rasgos de paredes entre outras).

2.2 A importância do estudo da produtividade

No cenário brasileiro, as empresas da Construção Civil, principalmente do subsetor edificações, estão passando por um processo de intensa competição e reestruturação,

levando-as a buscarem estratégias para melhoria da produtividade, pois a falta de recursos, atrasos na obra e aumento dos custos fazem com que comecem a perder espaço no setor da construção, além dos prejuízos.

Souza e outros (2004) consideram que a indústria da Construção Civil é uma grande geradora de resíduos e que atualmente há uma ênfase na discussão dos caminhos para reduzir o consumo desnecessário de materiais na Construção com importância na busca por uma Construção sustentável. Para reduzir as perdas na Construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas.

Para Santos (2003), as limitações mais frequentemente encontradas estão ligadas à produtividade de mão de obra e, assim, se faz necessário entender como esse processo se dá ao longo dos inúmeros fatores que podem influenciar a velocidade da produção dentro de um canteiro de obras.

O desperdício de recursos na Construção Civil, indicado por Lordsleem Jr. e Souza (1999) pode ser traduzido como uma produtividade destacadamente inferior, quando comparada à de outros segmentos industriais. A baixa produtividade é resultante, entre outros motivos, do emprego de meios de produção e estruturas organizacionais ineficientes.

Porém, no caso da Construção Civil, para que se tenha uma gestão eficiente é preciso que se conheçam os níveis de desempenho possíveis de serem alcançados na utilização de recursos físicos no canteiro de obras. Com o conhecimento desses níveis, os gerentes de obra têm noção exata de eventuais problemas e sentido apurado para tomarem as medidas corretivas necessárias, podendo justificar e viabilizar a adoção de novas posturas (ARAÚJO, 2000).

Quando se analisa a produtividade em uma organização, busca-se identificar, observar e minimizar a influência de fatores que, de uma forma direta ou indireta, interferem para que algo indesejado modifique os resultados. Uma abordagem adequada, considerando um maior número de variáveis possíveis, permite uma avaliação mais completa e precisa da real situação da eficiência de um processo produtivo (MORETTO, 2007).

Segundo Neves e outros (2002), as empresas de Construção Civil vêm buscando formas de aprimorar seus processos produtivos e gerenciais. Seja por meio da busca pela certificação ISO 9000 ou de outros programas indutores de melhorias, as empresas têm procurado trabalhar e aprimorar seus processos.

Estabelecer um nível de operação satisfatório, onde se consiga relacionar causa e efeito permitindo agir corretivamente nos pontos críticos de cada atividade, vem sendo um dos principais objetivos dos gestores para aumentarem a produtividade de suas equipes.

Uma boa coleta de dados é um requisito chave para uma estratégia bem sucedida para o cálculo do índice de eficiência (HANSEN, 2006).

A mão de obra deve ser competente e eficaz, ou seja, aquela formada por operários que “põem a mão na massa”. No entanto, esta mão de obra necessita de comando e segurança, o que significa dizer que a escolha e formação do quadro de operários devem fazer parte do planejamento e controle de qualquer projeto de construção de obras (LIMMER, 2013).

Para Souza (2006, p. 21), em se tratando de construção, a produtividade diz respeito à capacidade de produzir, ou seja, “[...] produtividade estaria associada, de um ponto de vista bastante básico, à comparação do resultado obtido com o esforço demandado”.

2.3 Fatores que afetam a produtividade

Todo projeto de construção está direta ou indiretamente afetado por uma ampla gama de fatores. A perda de produtividade da construção civil é, geralmente, atribuída a vários fatores raramente independentes, ou seja, um fator pode desencadear a ocorrência de outros.

Acredita-se que a maioria dos fatores que afetam a produtividade na construção civil pode ser melhorada através do aperfeiçoamento da gestão dos canteiros de obras (ROJAS E ARAMVAREEKUL, 2003).

No Quadro 1 pode-se verificar alguns fatores considerados como influenciadores na produtividade da mão de obra na Construção Civil.

Quadro 1 – Fatores influenciadores da produtividade

<ul style="list-style-type: none"> - Repetição (efeito aprendizagem); - Volume de trabalho; - Continuidade e simplificação das operações; - Padronização; - Pré-montagem; - Redução de consumo de materiais e tempos desnecessários (tempos de preparação); - Pacotização do tempo e do trabalho (programação de serviços); - Ordem, limpeza, segurança e manutenção preventiva; - <i>Layout</i> concentrado (diminuição das distâncias de transporte); - Redução do efetivo e aumento do espaço de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clima (vento, temperatura, chuvas); - Aspectos psicológicos; - Capacidade metabólica; - Treinamento; - Qualidade dos materiais; - Projeto; - Conjuntura econômica; - Forma de contratação da mão de obra; - Senso de urgência (<i>just in time</i>); - Adequação do tamanho das equipes de trabalho; - Adequação ergonômica de equipamentos; - Adequação da extensão da jornada de trabalho; - Trabalho em grupo, em células, polivalência; - Motivação; - Comunicação.
---	---

Fonte: Brandli (2001)

A composição das equipes, como por exemplo, a expressão do número de ajudantes para cada pedreiro, e a presença ou não de encarregado, constituem fatores importantes a serem considerados, pois eles proporcionam correlações com a variação dos níveis de produtividade da mão de obra.

Para Araújo (2006) os principais fatores que afetam a produtividade na construção, são os fatores associados à gestão e a questões de recursos humanos.

Para Araújo (2006), o treinamento e desenvolvimento têm grande finalidade quando se é pensado em falhas no processo, ou na comunicação.

Contudo, verifica-se que só aparece o efeito aprendido se houver continuidade na execução das tarefas (HEINECK, 1991), sendo que cada interrupção causa um desaprendizado, um retorno ao patamar de produtividade inferior; assim surge à ideia do efeito continuidade. Além destes pode-se considerar o efeito concentração, que é o fenômeno que associa maiores produtividades com maiores quantidades de serviço a executar (MARDER, 2001).

2.4 Apresentação do Modelo dos Fatores

O Modelo dos Fatores se diferencia de outros métodos de mensuração, principalmente, por seu foco estar na produtividade no nível da equipe de trabalhadores, considerando o efeito aprendizagem e incluindo vários outros fatores que podem ser mensurados. Sua filosofia considera que conhecer os fatores que fazem a produtividade de uma determinada obra ser melhor ou pior que outra é tão ou mais relevante que simplesmente calcular índices de produtividade.

Thomas e Yakoumis (1987) afirmam que a teoria que fundamentou o modelo por eles proposto, assume que o trabalho de uma equipe é afetado por certa quantidade de fatores que podem alterar o seu desempenho. O efeito cumulativo dos distúrbios causados por esses fatores gera uma curva real de produtividade. Entretanto se os efeitos desses fatores puderem ser matematicamente extraídos da curva real, obter-se-á uma curva que representará a produtividade de referência para o serviço em questão. Essa curva representaria então, a produtividade no serviço desempenhado sobre condições básicas de produção, somando-se a isso possíveis ganhos provindos da execução de atividades repetitivas.

Algumas características peculiares do modelo, descritas a seguir, são citadas por Araújo (2000), sendo que essas vêm ao encontro à necessidade do setor de mensurar a produtividade da mão de obra:

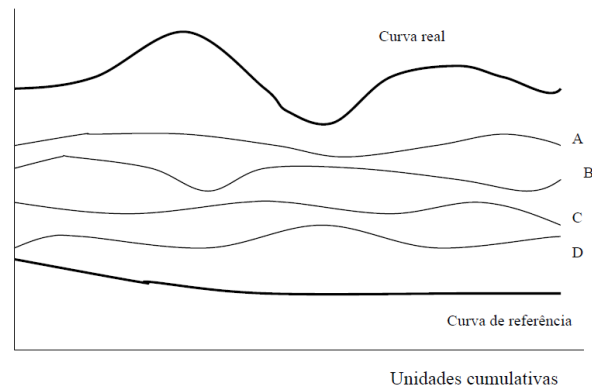
- i. Barato: o sistema de mensuração é de fácil implantação e apresenta baixos custos;
- ii. Simples: os dados requeridos são poucos e apresentam facilidade na coleta de campo;
- iii. Rápido: a retroalimentação é rápida, de forma que as ações corretivas podem ser tomadas mesmo durante atividades de curta duração;
- iv. Comparativo: informações e dados coletados, analisados e estudados possibilitam a comparação entre diferentes empreendimentos;
- v. Apurado: os resultados refletem o que está ocorrendo.

Na Figura 3 apresenta-se a ideia contida no Modelo dos Fatores, na qual se verifica:

- a) Curva real: representa o resultado hipotético de uma medição realizada;
- b) Curvas A, B, C e D: representam curvas de produtividade de um determinado serviço, obtidas a partir da subtração, com relação à produtividade real, dos efeitos produzidos pelas condições A, B, C e D, distintas da situação de referência;

- c) Curva de referência: mostra a produtividade possível de se obter caso não houvesse influência de fatores que diferenciem da condição de referência.

Figura 3 – Modelo dos Fatores para produtividade na Construção



Fonte: Araújo (2000)

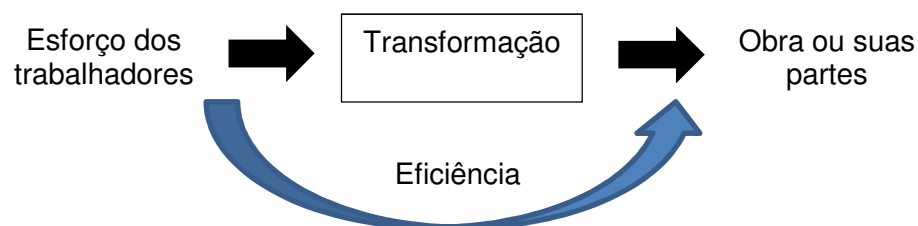
São expressas, a seguir, as principais ideias que servem de fundamento para o Modelo dos Fatores, segundo Souza (1996):

- o modelo se refere à discussão da variação da produtividade diária. Se as condições de trabalho se mantivessem constantemente iguais a uma situação padrão, a produtividade somente variaria se houvesse aprendizado;
- duas categorias de fatores – qualitativos e quantitativos – podem, quando presentes, fazer com que a produtividade estabelecida seja diferente da de referência como por exemplo a incorporação de materiais em excesso nas edificações.

2.5 Indicador de mensuração da produtividade

Um serviço de Construção pode ser considerado como um processo onde se tem a transformação de entradas em produtos (Figura 4).

Figura 4 – Produtividade da mão de obra



Fonte: Souza (2006)

Na medida em que se queira estudar a produtividade, é necessário, inicialmente, mensurá-la. Para se mensurar a produtividade, adota-se, neste trabalho, o indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP) (Eq. 1), que relaciona os homens-hora despendidos (entradas) à quantidade de serviços executada (saídas), onde:

$$RUP = \frac{Hh}{QS} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Hh = Homens-hora despendidos na execução do serviço.

QS = Quantidade de serviço executado pela mão de obra em determinado tempo.

Ressalte-se que, por esta definição, um valor alto de RUP indica produtividade pior que um valor baixo.

2.6 Classificação dos indicadores

Segundo Souza (2001), os indicadores de produtividade podem ser divididos em três diferentes tipos de RUP que serão úteis para o cálculo das perdas de produtividade:

- **RUP diária (RUPd):** é aquela obtida com base na avaliação diária da produtividade da mão de obra. Portanto, ao final de cada dia de execução do serviço, serão avaliados os Hh utilizados e a quantidade de serviço produzida.
- **RUP cumulativa (RUPcum):** é calculada, a cada dia, a partir do acúmulo das quantidades de Hh e de serviço desde o primeiro dia de trabalho, representando assim a eficiência acumulada ao longo de todo o período de execução do serviço, contemplando os melhores e piores dias.
- **RUP potencial (RUPpot):** é um valor de RUP diária associado à sensação de bom desempenho e que, ao mesmo tempo, mostra-se factível em função dos valores de RUP diária detectados. Em outras palavras, pode-se dizer que a RUP potencial demonstra a produtividade que poderia ser alcançada, para um determinado conteúdo de trabalho, desde que não ocorra nenhum problema de gestão. Matematicamente a RUP potencial é calculada como o valor da mediana das RUPd inferiores ao valor da RUPcum ao final do período de estudo.

Conforme Souza e Araújo (2002), pode-se fazer os seguintes comentários quanto à utilidade das RUP enquanto subsidiadoras da avaliação da gestão de um serviço:

- quanto à RUP diária, na medida em que é calculada a cada dia, embora seja difícil identificar o efeito de pequenas falhas de gestão, é bastante visível o efeito das

- anormalidades. Portanto, na medida em que se tenha, num certo dia, um problema, se poderá mensurar seu efeito quanto à produtividade da mão de obra;
- quanto à RUP potencial, esta mostra a produtividade que poderia ser alcançada, para um determinado conteúdo de trabalho, desde que não houvesse nenhum problema de gestão. Deste modo, seu valor pode ser utilizado para a comparação do potencial associado a diferentes tecnologias passíveis de serem adotadas;
 - quanto à RUP cumulativa, esta indica a produtividade resultante da conjugação dos dias normais com aqueles onde houve pequenos ou grandes problemas quanto à gestão.

Convém aqui destacar que a RUP pode ser mensurada com relação a diferentes intervalos de tempo, dando, aos indicadores assim obtidos, diferentes utilidades quanto ao processo de gestão da produção de um serviço. Faz-se uso, neste trabalho, das seguintes RUP: diária, cumulativa e potencial.

Com base nas ideias propostas por Thomas e Zavrski (1999), preconiza-se o indicador de perda de produtividade como avaliador da gestão de um serviço de Construção. Tal indicador é calculado através da seguinte Equação:

$$PPMO = \frac{(RUP_{cumulativa} - RUP_{potencial})}{RUP_{potencial}} \times 100(\%)$$

(Eq. 2)

onde:

$PPMO$ = perda de produtividade da mão de obra.

A diferença entre as RUP cumulativa e potencial é um indicativo da perda associada à má gestão.

2.7 Considerações finais acerca do capítulo

O entendimento da produtividade e dos fatores que a afetam e o conhecimento dos indicadores de mensuração e sua classificação são de extrema importância para a elaboração do programa computacional, pois estes dados serão utilizados na coleta e análise de dados sobre a produtividade da mão de obra dos SPHSGC. Além desta questão, o conhecimento dos SPHSGC e de suas particularidades, que serão abordados no Capítulo 3, são de suma importância para a criação de estratégias de execução e realização da coleta para análise da mão de obra.

3. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL

O estudo dos SPHSGC é necessário, pois somente com o conhecimento e entendimento das peculiaridades de funcionamento e execução deste sistema será possível realizar a coleta de dados e obtenção de informações sobre as tubulações, para posteriormente desenvolver uma ferramenta computacional que agregue estes dados e realize o cálculo de produtividade da mão de obra.

3.1 Definição e classificação

Os SPHSGC são os responsáveis diretos por proporcionar, em cada habitação, as condições de saúde e higiene requeridas pelos usuários. Deles fazem parte: o armazenamento e distribuição de água potável, a coleta dos esgotos e posterior despejo na rede pública, o aquecimento da água para higiene e conforto pessoal, a coleta e encaminhamento das águas pluviais, entre outros (BENEDICTO, 2009).

Segundo Santos (2003), a importância dos sistemas prediais na construção civil não está relacionada apenas às necessidades relativas à higiene e saúde do usuário da edificação e sim, com as evolutivas noções de conforto impostas por um dinâmico comportamento social, assim como com a contribuição para a promoção da sustentabilidade do *habitat*.

Os sistemas prediais podem ser classificados de acordo com o tipo de insumo ou serviço requerido pelo usuário da edificação, conforme ilustrado no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2- Tipos de sistemas prediais em função do insumo e/ou serviço requerido pelos usuários

Serviços/Insumos	Sistemas Prediais
Energia	Suprimento de energia elétrica Suprimento de gás
Água	Suprimento de água Coleta de esgotos Coleta de águas pluviais
Segurança	Proteção e combate a incêndio Segurança patrimonial
Conforto	Condicionamento de ar Iluminação
Transporte	Transportes mecanizados
Comunicações	Comunicação interna Telecomunicação
Automação	Automação predial

Fonte: GONÇALVES (1994)

A execução dos SPHSGC, na maioria das vezes, está inserida nas várias etapas da obra, desde o início da execução da estrutura até o acabamento final.

Em relação ao nível tecnológico, os SPHSGC apresentam um patamar de desenvolvimento relativamente avançado em seus componentes, se comparado aos outros processos da construção. Os esforços despendidos devem estar concentrados na racionalização da gestão do processo de produção, sendo necessária a racionalização dos custos de implantação, execução, uso e manutenção, uma vez que estes têm uma parcela considerável no custo global da edificação (ARO, 2005).

Neste trabalho, o foco será os sistemas prediais relacionados ao insumo água (suprimento de água fria, água quente e coleta de esgoto e águas pluviais), ao serviço de segurança (proteção e combate a incêndio) e de energia (suprimento de gás), que envolvem a instalação de tubulações na edificação.

3.2 Sistema predial de água fria

Os projetos dos sistemas prediais de água fria devem ser efetuados de forma a garantir que a água chegue a todos os pontos de consumo, sempre que necessário, em quantidade e qualidade adequadas a utilização. Além disso, deve-se obter a rastreabilidade e acessibilidade ao sistema em caso de manutenção (ILHA, 1994).

A NBR 5626:1998 estabelece que as instalações prediais de água fria devem ser projetadas de modo que, durante a vida útil do edifício que as contém, atendam aos seguintes requisitos:

- a) preservar a potabilidade da água;
- b) garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) promover economia de água e de energia;
- d) possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- f) proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.

3.2.1 Elementos do sistema predial de água fria

A captação de água para o sistema predial pode ser feita por meio da rede pública ou por fontes particulares, se a captação de água for feita a partir de uma fonte particular, deve ser previsto um sistema de tratamento, a fim de se garantir a qualidade da água para uso humano. Caso exista rede urbana, as fontes particulares podem ser utilizadas para outras finalidades, tais como: combate a incêndio, uso industrial, lavagem de pisos, entre outras (LOBATO, 2005).

O fornecimento de água à edificação se dá através de uma ligação predial composta de um ramal predial, aparelho medidor de consumo (hidrômetro), de um alimentador predial, em alguns casos, de reservatórios inferior e/ou superior e da distribuição. O sistema de distribuição é aquele que transporta a água até os pontos de consumo, sendo o mesmo de dois tipos, ascendente ou descendente, variando de acordo com sistema de abastecimento adotado (LOBATO, 2005).

Obtendo-se a captação a partir da rede pública, os sistemas prediais de água fria podem ser separados em dois subsistemas básicos:

- abastecimento (com a instalação elevatória);
- distribuição.

O abastecimento de água é feito por meio de uma ligação predial, que compreende ao ramal predial propriamente dito, ou ramal externo (TAMAKI, 2004).

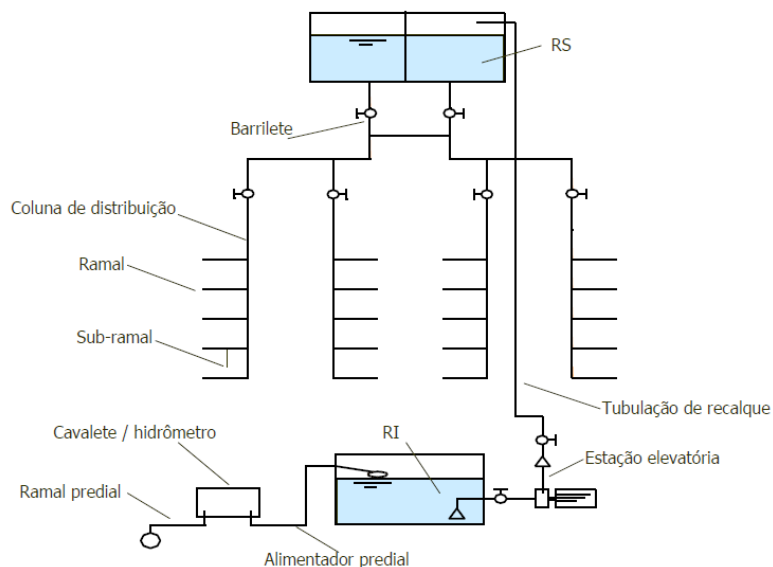
3.2.2 Componentes do sistema

Conforme a NBR 5626:1998, as instalações prediais de água fria possuem as seguintes denominações de seus componentes:

- sub-ramal: canalização que liga o ramal á peça de utilização;
- ramal: canalização derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais;
- coluna de distribuição: canalização vertical derivada do barrilete ou colar e destinada a alimentar os ramais;
- colar ou barrilete: canalização horizontal derivada do reservatório e destinada a alimentar as colunas de distribuição;
- ramal predial: canalização que conduz a água da rede pública para o imóvel;
- reservatório de água.

Na Figura 5 são apresentados, de forma esquemática, os elementos do sistema predial de água fria descritos anteriormente.

Figura 5 – Sistema predial de água fria



Fonte: GONÇALVES (2007)

3.2.3 Sistema de distribuição

O sistema de distribuição pode ser direto, indireto, hidropneumático ou misto.

Sistema direto

A água provém diretamente de uma fonte de abastecimento, este tipo de distribuição garante água de melhor qualidade devido à taxa de cloro residual existente na água e à

inexistência de reservatório na edificação. O principal inconveniente da utilização da distribuição direta no Brasil é devido à irregularidade no abastecimento público e a variação da pressão ao longo do dia, o que pode propiciar problemas no funcionamento de aparelhos como, por exemplo, nos chuveiros. Válvulas de descarga não são compatíveis com este sistema de distribuição (GHISI, 2004).

Sistema indireto

A água a ser utilizada pelo sistema provém de um ou mais reservatórios existentes no edifício. Neste sistema pode-se verificar a presença ou ausência do bombeamento (GHISI, 2004).

Quando se obtém pressão suficiente, mas verifica-se descontinuidade no abastecimento, deve-se prever um reservatório superior e a alimentação do prédio será descendente. Quando a pressão for insuficiente para levar água ao reservatório superior, deve-se ter dois reservatórios: um inferior e outro superior. Sendo que do reservatório inferior a água será lançada ao superior por meio do uso de bombas de recalque (moto-bombas).

O sistema de distribuição indireto com bombeamento é muito utilizado em grandes edifícios onde são necessários grandes reservatórios de acumulação (GHISI, 2004).

Além destes, há outras duas possibilidades:

- a) Sistema misto: é aquele no qual existe distribuição direta e indireta ao mesmo tempo.
- b) Sistema hidropneumático: dispensa o uso de reservatório superior, mas segundo Creder (1995), sua instalação é cara, sendo recomendada somente em casos especiais para aliviar a estrutura. É composto por um alimentador predial com válvula de boia, um reservatório inferior, uma instalação elevatória e um tanque de pressão. Quando o tanque de pressão for submetido à pressão máxima e o sistema de recalque desligado, a água no reservatório estará no nível máximo e o sistema apresenta condições de iniciar seu ciclo de funcionamento. Ao iniciar o consumo na rede de distribuição, o nível de água no reservatório começa a diminuir; com isso o colchão de ar expande-se e a pressão no interior do tanque diminui até atingir a pressão mínima; nesta situação, o pressostato aciona o sistema de recalque elevando, gradativamente, o nível de água e a pressão no interior do tanque aos respectivos valores máximos. Quanto ao reservatório inferior, o mesmo comporta-se identicamente ao reservatório inferior do sistema indireto.

3.3 Sistema predial de água quente

As exigências técnicas mínimas a serem atendidas pela instalação de água quente estão na norma NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente (ABNT, 1993).

Esta norma define as exigências a serem observadas no projeto de modo que as instalações prediais de água quente devem ser projetadas e executadas a atender durante toda a vida útil do edifício os seguintes requisitos:

- a) garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente e temperatura controlável, com segurança, pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários e das tubulações, proporcionando o nível de conforto adequado aos usuários;
- b) preservar a potabilidade da água no interior da tubulação, devendo haver plena garantia da impossibilidade prática da água ser contaminada com refluxo de esgoto sanitário ou demais águas servidas;
- c) racionalizar o consumo de energia através do dimensionamento correto e escolha do sistema de aquecimento adequado.

3.3.1 Finalidade de uso e temperatura

A temperatura mínima com que a água quente deverá ser fornecida depende do uso a que se destina, sendo que nos pontos de consumo poderá ser feita uma dosagem com água fria para obter temperaturas menores, de acordo com os níveis de conforto dos usuários. Alguns exemplos de temperatura relacionados com os usos estão descritos no Quadro 3 .

Quadro 3 – Temperaturas nos Ambientes Ambiente	Temperatura Indicada
Hospitais e laboratórios	100° C ou mais
Lavanderias	75° C a 85° C
Cozinhas	60° C a 70° C
Uso pessoal e banhos	35° C a 50°C

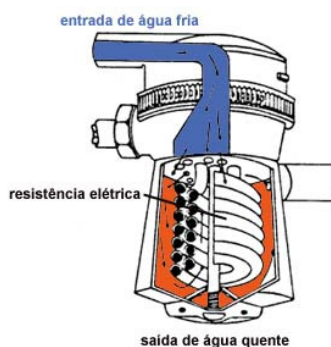
Fonte: ABNT - NBR 7198/93

Como não há fornecimento público ou natural de água quente, ela deverá ser produzida dentro da edificação. Assim, são verificadas três modalidades de produção de água quente: sistema individual, sistema central privado e sistema central coletivo.

3.3.2 Sistema individual

É quando o sistema de aquecimento alimenta um único ponto da unidade habitacional. Caso o aquecimento já seja feito no próprio ponto de consumo não há necessidade de rede, como exemplo, pode-se citar o chuveiro elétrico (Figura 6), onde uma resistência elétrica do resistor do aparelho é ligada automaticamente pelo fluxo de água; neste caso não há reservação. Outro exemplo a ser citado são os aquecedores individuais a gás, onde uma chama piloto é acionada pelo fluxo de água (BENEDICTO, 2009).

Figura 6 – Aparelho de aquecimento de água individual à eletricidade em corte



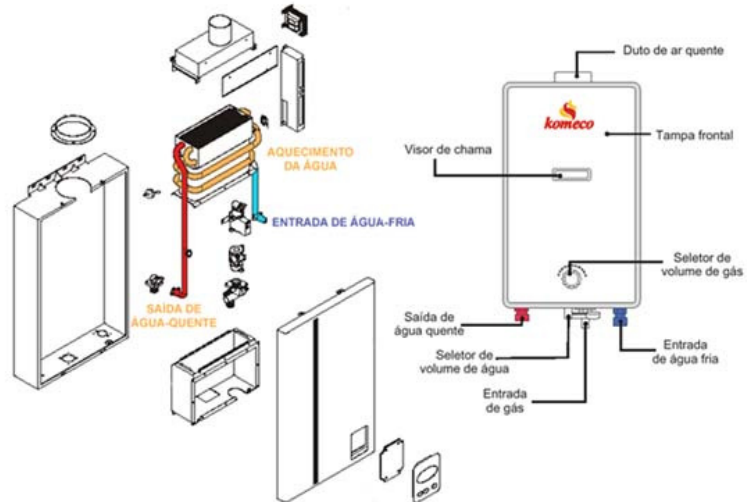
Fonte: < <http://www.suzuki.arq.br/unidadeweb/aula%2011/aula11.htm> > Acesso: mar. 2011

Este sistema não exige uma rede de tubulações para água quente, visto que os aparelhos estão geralmente nos ambientes em que são utilizados.

3.3.3 Sistema central privado

É quando o sistema de aquecimento alimenta vários pontos da mesma unidade habitacional. Poderá ser feito por meio de aquecedor instantâneo (Figura 7) ou por aquecedores de acumulação a gás (Figura 8) ou elétrico (Figura 9). A distribuição da água quente até os pontos de consumo é feita por uma rede de distribuição. Neste sistema, pode haver uma rede de recirculação de água quente que após alimentar os ambientes hidráulicos, retorna para o aquecedor.

Figura 7 – Aquecedor de passagem a gás sem recirculação



Fonte: < www.komeco.com.br > Acesso: mar. 2011

Figura 8 – Sistema Central Privado (sistema conjugado a gás) – com recirculação



Fonte: BENEDICTO (2009)

Figura 9 – Sistema Central Privado (sistema acumulação elétrico) – com recirculação



Fonte: BENEDICTO (2009)

3.3.4 Sistema central coletivo

No sistema central coletivo, se produz água quente para todos os pares ou unidades da edificação, o equipamento de aquecimento fica normalmente situado no térreo ou subsolo, para facilitar a manutenção e o abastecimento de combustível (GHISI, 2004).

A distribuição do sistema de aquecimento pode ser ascendente, descendente ou mista. Na distribuição ascendente, verifica-se um barrilete inferior que alimenta as colunas, na distribuição descendente, as colunas são alimentadas por um barrilete superior e na distribuição mista, existem dois barriletes, um superior e outro inferior.

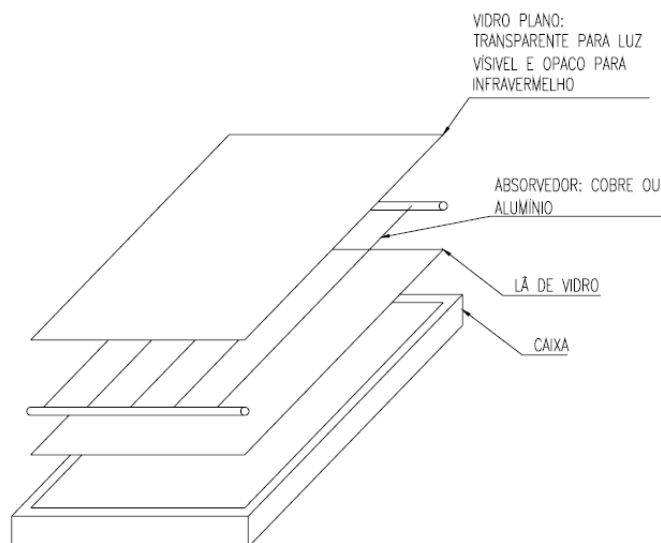
Dentre as opções de sistema central coletivo, podem-se citar o sistema de aquecimento solar, os sistemas de aquecimento indireto como as geradoras de água quente de alta eficiência e as geradoras de água quente horizontal.

O sistema de geração de água quente à base de energia solar é composto de três elementos:

- a) coletores de energia (placas coletoras);
- b) acumulador de energia (reservatório de água quente);
- c) rede de distribuição.

O coletor solar é composto de uma placa de vidro plano, um elemento absorvedor (geralmente de cobre ou alumínio), um isolante térmico e uma caixa para proteção. A Figura 10 ilustra um esquema de montagem de coletor solar.

Figura 10 – Coletor solar

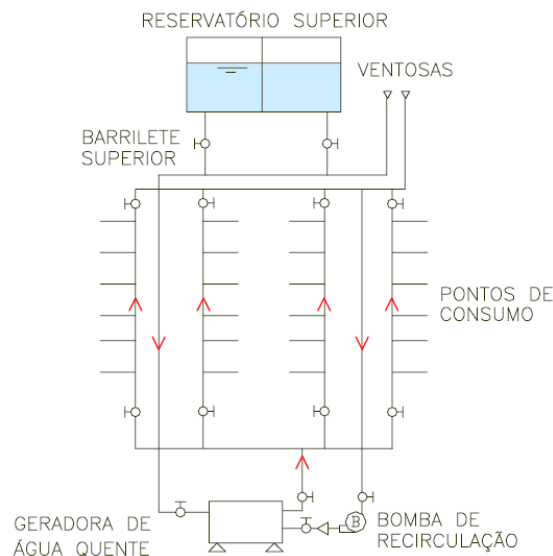


Fonte: <www.jmsaquecimento.com.br/images/Coletor-Aquatemp> Acesso: nov. 2010

3.3.6 Componentes do sistema

As instalações prediais de água quente possuem os mesmos componentes e subdivisões especificadas no sistema predial de água fria, porém com a utilização de materiais diferentes. Na Figura 11, pode-se verificar um esquema de um sistema coletivo de distribuição de água quente e seus componentes.

Figura 11 – Sistema predial coletivo distribuição de água quente



Fonte: GONÇALVES (2007)

3.4 Sistema predial de esgoto sanitário

O sistema predial de esgoto sanitário (SPES) é um conjunto de tubulações e acessórios, que se destina a coletar e conduzir o esgoto sanitário a uma rede pública de coleta ou sistema particular de tratamento (CARVALHO JÚNIOR, 2007). Além desta função básica, o SPES deve atender aos seguintes requisitos segundo a norma brasileira NBR 8160 “Sistemas prediais de esgotos sanitários – Projeto e execução” (ABNT, 1999):

- deve ser garantida a qualidade da água de consumo;
- permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações;
- impedir que os gases provenientes do interior do SPES atinjam áreas de utilização;
- deverá haver uma separação absoluta em relação ao sistema predial de águas pluviais.

3.4.1 Subsistemas do SPES

O SPES pode ser dividido nos seguintes subsistemas:

- a) coleta e transporte de esgoto sanitário;
- b) ventilação.

O subsistema de coleta e transporte é constituído pelo conjunto de aparelhos sanitários, acessórios e tubulações que são destinados a coletar o esgoto sanitário e conduzi-lo até o destino final (MASINI, 1999).

O subsistema de ventilação consta de um conjunto de tubulações e/ou dispositivos destinados a assegurar a integridade dos fechos hídricos, impedindo a passagem de gases para o ambiente, conduzindo-os à atmosfera.

O subsistema de ventilação pode ser composto apenas de ventilação primária ou pelo conjunto de ventilação primária e secundária. A ventilação primária constitui-se no prolongamento do tubo de queda além da cobertura do prédio, denominado tubo de ventilação primário, enquanto que a ventilação secundária consiste de ramais e colunas de ventilação ou de apenas colunas de ventilação. Não obstante, a ventilação secundária pode ser configurada também pela utilização de dispositivos de admissão de ar, os quais podem substituir ramais e colunas de ventilação, conforme Fernandes (1993).

3.4.2 Componentes

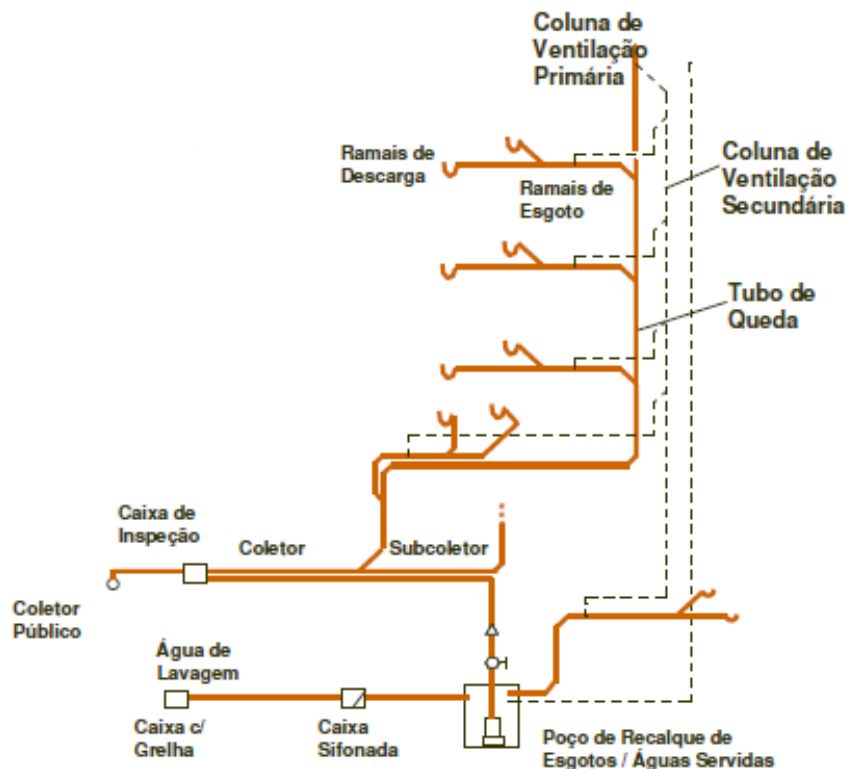
Os SPES são compostos, basicamente, pelos seguintes componentes conforme norma brasileira NBR 8160:1999 “Sistemas prediais de esgotos sanitários – Projeto e execução” (ABNT, 1999):

- a) aparelhos sanitários: tem a função de coletar os dejetos, os aparelhos sanitários devem propiciar uma utilização confortável e higiênica por parte do usuário, dentre os aparelhos sanitários usuais encontram-se a bacia sanitária, o lavatório, a banheira, e outros;
- b) desconectores: estabelece a função, através de um fecho hídrico próprio, vedar a passagem de gases oriundos das tubulações de esgoto para o ambiente utilizado. Como exemplo de desconectores tem-se, a caixa sifonada, o ralo sifonado e os sifões;
- c) tubulações: as tubulações compreendem os ramais de descarga e de esgoto, tubos de queda, subcoletores e coletores. Suas respectivas definições são as seguintes:
 - ramal de descarga: tubulação que recebe diretamente os efluentes dos aparelhos sanitários;

- ramal de esgoto: tubulação, usualmente horizontal, que recebe os efluentes dos ramais de descarga, diretamente, ou através de um desconector;
 - tubo de queda: tubulação vertical para a qual se dirigem os efluentes dos ramais de esgoto e de descarga;
 - subcoletor: tubulação horizontal que recebe efluentes dos tubos de queda e/ou dos ramais de esgoto;
 - coletor: é a tubulação horizontal que se inicia a partir da última inserção do subcoletor e estende-se até o coletor público ou sistema particular de tratamento.
- d) conexões: elementos cuja função é interligar tubos, aparelhos sanitários, equipamentos, além de viabilizar mudanças de direção e diâmetro da tubulação. São exemplos o Tê, o cotovelo, a junção simples, curvas, dentre outras, nos mais variados diâmetros.
- e) ventilação: as definições destes componentes são as seguintes:
- tubo ventilador primário: é o prolongamento do tubo de queda além da cobertura do prédio, cuja extremidade deve ser aberta à atmosfera;
 - ramal de Ventilação: tubulação que conecta o desconector, ramal de descarga ou ramal de esgoto à coluna de ventilação;
 - coluna de Ventilação: tubulação vertical que abrange um ou mais andares, com a extremidade superior aberta ou conectada a um barrilete de ventilação;
 - barrilete de ventilação: consta de uma tubulação horizontal aberta à atmosfera, na qual são conectadas as colunas de ventilação, quando necessário;
 - dispositivos de admissão de ar: elementos cuja finalidade é a atenuação das flutuações das pressões pneumáticas desenvolvidas no interior das tubulações.

Na Figura 12 pode-se verificar os componentes do SPES.

Figura 12 – Componentes do sistema predial de esgoto sanitário



Fonte: GONÇALVES (2007)

3.5 Sistema predial de água pluvial

As instalações prediais de águas pluviais seguem as preconizações da norma NBR 10844: 1989 - Instalações Prediais de Águas Pluviais.

Os códigos de obras dos municípios, em geral, proíbem o caimento livre da água dos telhados de prédios de mais de um pavimento, bem como o caimento em terrenos vizinhos. Tal água deve ser conduzida aos condutores de águas pluviais, ligados a caixas de areia no térreo; daí, podendo ser lançada aos coletores públicos de águas pluviais.

Aplica-se a drenagem de águas pluviais em coberturas, terraços, pátios, dentre outros.

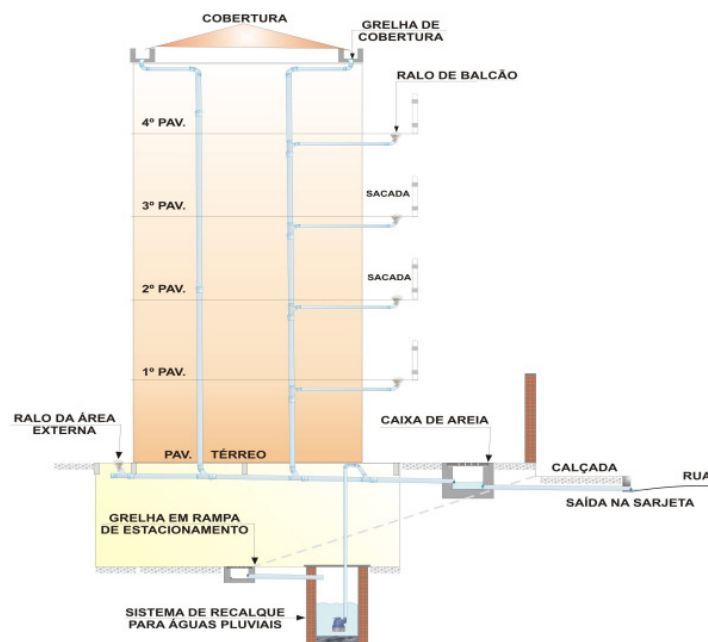
3.5.1 Componentes

Os componentes da instalação predial de águas pluviais são compostos por: cobertura (telhados ou pelas próprias lajes estruturais), condutores verticais (tubos de

queda), condutores horizontais e ralos, calhas e rufos, caixas de areia, caixas de inspeção e poços de visita.

Segundo diretrizes da NBR 10844: 1989, os condutores verticais, são destinados ao recolhimento das águas de calhas, coberturas, terraços e similares, com o intuito de conduzi-las até a parte inferior do edifício, sendo colocados na parte externa ou interna do edifício, dependendo das disposições do projeto. Gonçalves (2007) traz em sua obra um exemplo dos componentes do sistema de captação de águas pluviais de um edifício como nota-se na Figura 13.

Figura 13 – Componentes do sistema predial de águas pluviais



Fonte: GONÇALVES (2007)

3.5.2 Exigências da NBR 10844:1989

Segundo a NBR 10844:1989, os sistemas de coleta de água pluvial devem atender as seguintes recomendações:

- o sistema de esgotamento das águas pluviais deve ser completamente separado da rede de esgotos sanitários, rede de água fria e de quaisquer outras instalações prediais. Deve-se prever dispositivo de proteção contra o acesso de gases no interior da tubulação de águas pluviais, quando houver risco de penetração destes;
- nas junções e, no máximo de 20 em 20 metros, deve haver uma caixa de inspeção;
- quando houver risco de obstrução, deve-se prever mais de uma saída;

- d) lajes impermeabilizadas devem ter declividade mínima de 0,5%;
- e) calhas de beiral e platibanda devem ter declividade mínima de 0,5%;
- f) sempre que possível, usar declividade maior que 0,5% para os condutores horizontais.

3.6 Sistema predial de prevenção e combate a incêndio

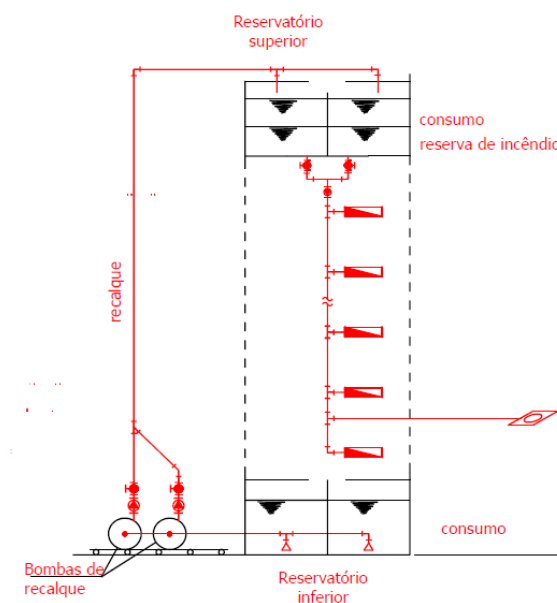
As instalações de prevenção e combate a incêndios devem seguir as recomendações das Instruções Técnicas 2011, conforme Decreto Estadual 56.819/11 – Corpo de Bombeiros e NBR 13714:2003 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

O abastecimento do Sistema Hidráulico Preventivo poderá ser feito de 3 formas, a seguir descritas:

- a) por Reservatório Superior;
- b) por Reservatório Inferior;
- c) por Castelo D'água.

Os hidrantes deverão sempre ocupar lugares de modo a se proceder a sua localização no menor tempo possível. Devem ser instalados, preferencialmente, dentro do abrigo de mangueiras, de modo que seja permitida a manobra e substituição de qualquer peça. Na Figura 14, pode-se verificar exemplo de sistema de prevenção e combate a incêndio em edifícios.

Figura 14 – Componentes do sistema predial de proteção e combate á incêndios: com uso de hidrantes



Fonte: GONÇALVES (2007)

3.7 Execução

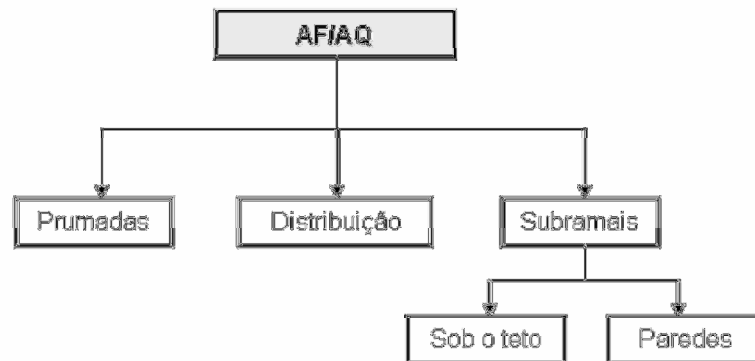
Os SPHSGC nem sempre são executados em sua totalidade, conforme se verifica em Paliari (2008), em seu estudo piloto foi verificado que é comum encontrar, ao final do dia, nos edifícios que não utilizam alvenaria estrutural, trechos dos sistemas incompletos como, por exemplo, ramais de descarga, sub-ramais de água fria ou água quente, seja pela ocorrência de alguma anormalidade (falta de material, por exemplo) ou pela impossibilidade de se finalizar os serviços de um determinado ambiente até o final do expediente.

Primeiramente é necessária uma análise profunda do projeto, para qualificação das “partes” dos sistemas prediais, levando em consideração os seus subsistemas.

A divisão dos sistemas prediais tem por finalidade a avaliação do consumo de materiais e produtividade da mão de obra, e devido às partes serem executadas simultaneamente é muito difícil e imprecisa a coleta de dados no canteiro de obras.

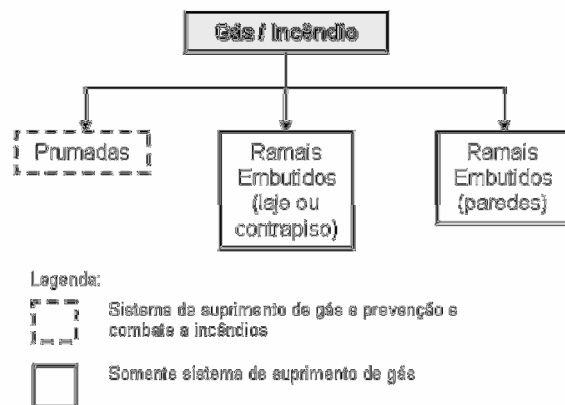
Segundo Paliari (2008), no caso da produtividade da mão de obra, prioriza-se a divisão dos serviços em termos das atividades necessárias a sua execução. A subdivisão dos sistemas prediais em suas partes menores é apresentada nas Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 – Divisão dos sistemas prediais de suprimento de água fria e água quente



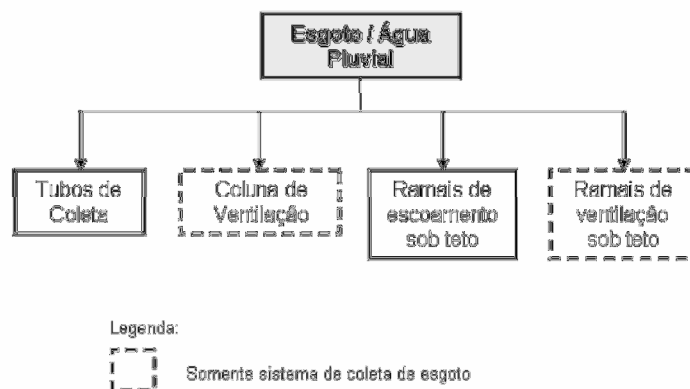
Fonte: Paliari (2008)

Figura 16 – Divisão dos sistemas prediais de suprimento de gás e de prevenção e combate a incêndios



Fonte: Paliari (2008)

Figura 17 – Divisão dos sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário e águas pluviais



Fonte: Paliari (2008)

Os SPHSGC quando levadas em consideração as edificações com estruturas convencionais com a utilização de pilares, vigas e posteriormente a execução das alvenarias de vedação, iniciam-se com as aberturas das paredes que deve ser suficiente para permitir a montagem e fixação das tubulações sob condições adequadas de trabalho. Após a etapa de abertura inicia-se a fase de colocação das tubulações; estas podem ser inseridas individualmente ou com a utilização de kits que proporcionam maior agilidade na execução.

Após a etapa de inserção das tubulações inicia-se a fixação das mesmas na alvenaria para posterior finalização das camadas de revestimento da parede.

3.8 Materiais empregados nos componentes

Atualmente o mercado vive uma disputa entre os materiais metálicos, reduzidos basicamente ao cobre, e os materiais plásticos, reforçados com a inserção de novas opções como o polietileno reticulado e o PPR, utilizados na condução de água fria e quente (PALIARI, 2008).

No Quadro 4 são apresentados os principais materiais empregados nos tubos e conexões utilizados nos sistemas prediais.

Quadro 4 – Materiais empregados em tubos e conexões dos Sistemas Prediais

Sistema Predial	Material
Suprimento de água fria	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC) • Polietileno de alta densidade (PEAD) • Cobre • Aço galvanizado • Polipropileno Copolímero Randon (PPR) • Polietileno Reticulado (PEX)
Suprimento de água quente	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre • Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) • Polietileno Reticulado (PEX) • Polipropileno Copolímero Randon (PPR)
Esgoto sanitário	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC) • Ferro fundido • Manilha cerâmica
Águas pluviais	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC)
Suprimento de gás	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre
Combate a incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre • Aço galvanizado

Fonte: Gonçalves (2000)

Os tubos e conexões de PVC rígido para instalações prediais de esgoto são produzidos de acordo com a NBR 5688:2010.

A escolha dos materiais empregados em tubos e conexões dos sistemas prediais influencia diretamente a produtividade/execução, pois cada material possui uma forma de execução diferenciada, modificando o tipo de encaixe/junção das conexões/peças.

É grande a diversidade dos componentes empregados nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, em função disso, serão comentados nos próximos subitens apenas os mais usuais.

3.8.1 PVC

Os tubos e conexões de PVC rígido para instalações prediais de água fria são fabricados no Brasil de acordo com as especificações contidas na NBR 5648: 2010, nas dimensões padronizadas pela NBR 5680: 2010, abrangendo as séries soldável e roscável conforme Figura 18.

No caso dos tubos soldáveis, a junta é do tipo ponta-e-bolsa lisa ou ponta e bolsa lisa e luva, executada com adesivo especial a frio. A junta roscável, por sua vez, é feita com roscas externas nas pontas e luva.

Para a classe 15, mais utilizada em sistemas prediais de água fria, a pressão de serviço é 750 KPa (75 m.c.a.).

As conexões são fabricadas por processo descontínuo em máquinas de injeção, a mistura plástica é forçada por um pistão a preencher as cavidades de um molde que é, em seguida, resfriado para se conseguir a solidificação da peça.

Figura 18 – Tubulações e conexões de PVC



Fonte: <http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/embalagens/dutoplast-do-brasil-industria-de-plasticos-ltda/produtos/conexoes>

3.8.2 CPVC

O CPVC (Cloroeto de Polivinila Clorado) é um PVC com maior adição de cloro em sua composição, ideal para utilização em prumadas de água quente. No Brasil, tem sido utilizado desde a década de 80 e há mais de 56 anos nos Estados Unidos.

São recomendados para construções em que a temperatura máxima de água que vai circular nas prumadas de água quente seja de até 70°C, conforme definido na NBR 7198: 1993. Os aquecedores devem ter sistemas de segurança que impeçam que a temperatura de saída ultrapasse esse valor, para garantir a segurança dos usuários.

As juntas podem ser soldadas a frio (com adesivo) e há conexões com roscas metálicas (macho ou fêmea) disponíveis para as ligações com os aquecedores, registros e torneiras da instalação conforme Figura 19.

Figura 19 - Tubulações e conexões de CPVC



Fonte: <http://www.tradeindia.com/fp668371/CPVC-Plumbing-Pipe-Fittings.html>

3.8.3 Aço Carbono

Para dar resistência à corrosão, os tubos de aço-carbono são galvanizados pelo processo de imersão a quente em zinco fundido. Neste processo de galvanização o zinco reage com a superfície do aço, formando uma camada protetora aderente e de difícil remoção.

Os tubos são fabricados a partir de chapas de aço ou lingotes de aço. Sendo de chapas, são dobrados e soldados, constituindo os chamados "tubos com costura". Os "tubos sem costura" são fabricados por laminação ou extrusão conforme Figura 20.

Figura 20 - Tubulações e conexões de Aço Carbono



Fonte: <http://www.bsmetais.com/produtos/conexoes.php>

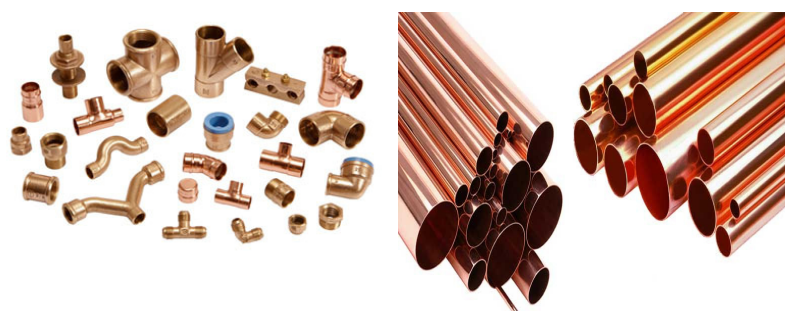
3.8.4 Cobre

Os tubos de cobre são fabricados por extrusão e denominados "tubos sem costura". Devem ser produzidos, no Brasil, em conformidade, com as especificações das seguintes normas:

- NBR 7417: 1982: tubos extra-leves
- NBR 7542: 1982: tubos médios e pesados

Os tubos extra-leves são os mais empregados, compreendendo as classes A, E e I, com diâmetros nominais externos entre 15 mm e 104 mm, com pressões de serviço de 20,0 Kgf/cm² até 88 Kgf/cm², dependendo da bitola e da classe do tubo conforme Figura 21.

Figura 21 - Tubulações e conexões de Cobre



Fonte: <http://www.refrigeracaobanfrio.com.br/pecas-refrigeracao-comercial.html>

3.8.5 PEX

Os tubos de polietileno reticulado flexível (tubos PEX) e conexões metálicas rosqueáveis, são utilizados na execução completa de instalações hidráulicas (colunas, recalque, ramais e subramais), quente e fria conforme Figura 22.

O polietileno é uma resina plástica composta de macromoléculas lineares constituídas de Hidrogênio e Carbono em ligações alternadas. A reticulação nada mais é que expulsar o Hidrogênio do sistema fazendo com que as novas ligações espaciais formadas de Carbono mais Carbono, gerem ao novo produto suas principais qualidades (PEX do Brasil, 2011).

Figura 22 - Tubulações e conexões de PEX



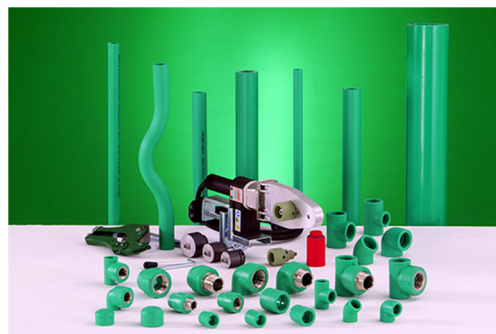
Fonte: <http://rifengbrasil.blogspot.com.br/2011/08/rifeng-plex.html>

3.8.6 PPR

O PPR (Polipropileno Copolímero Random) foi introduzido pioneiramente no Brasil por uma empresa Argentina chamada Acqua System pertencente ao grupo Dema.

Suas conexões são realizadas por um processo térmico chamado de termofusão, neste processo o material é aquecido a 260°C por um período determinado e então as partes são unidas realizando uma união molecular, a matéria-prima é o Polipropileno Copolímero Random, especialmente desenvolvido para a condução de água em elevadas temperaturas e pressões conforme Figura 23.

Figura 23 - Tubulações e conexões de PPR



Fonte: <http://construcaoeminstalacao.blogspot.com.br/2012/07/tudo-sobre-ppr.html>

3.9 Considerações finais acerca do capítulo

O entendimento dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários e suas particularidades são de grande importância para a elaboração do programa computacional, pois todos os dados dos materiais, componente e projetos serão inseridos em cada trecho da tubulação, com o intuito de melhorar a coleta dados e facilitar a retirada de informações de produtividade da mão de obra.

Após o estudo da produtividade e dos SPHSGC, tem-se que conhecer os programas e linguagens que podem ser utilizadas na elaboração do programa computacional em estudo.

4. PROGRAMAÇÃO UTILIZADA NO DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

Após o entendimento de produtividade de dos SPHSGC, iniciou um estudo contemplando tecnologias e *softwares* relacionados ao desenvolvimento de ferramentas computacionais e com base nestas informações definiu-se a linguagem de programação a ser utilizada no desenvolvimento da ferramenta computacional. Este procedimento é detalhado neste capítulo.

4.1 Tecnologia da informação aplicada na Construção Civil

Segundo Scardoelli e outros (1994) a indústria da Construção apresenta um grande atraso tecnológico em relação aos demais setores devido à resistência às inovações tecnológicas, emprego de métodos de gestão ultrapassados, excessivo esforço físico e condições adversas da mão de obra, falta de incorporação de uma nova base de organização do trabalho a partir do uso da Tecnologia da Informação (TI) e mecanismos ineficazes de gerenciamento das interfaces dos processos.

O setor possui ainda algumas características diferenciadas, conforme Alves (1998):

- caráter nômade com dificuldade de constância de materiais e processos;
- grau de precisão quanto a orçamento e prazos muito menores do que em outras indústrias;
- o sistema de produção é mobilizado e desmobilizado em cada empreendimento;
- possui produtos geralmente únicos e não seriados;
- necessidade de se fazer preço antes de conhecer os custos;
- falta de rotina nas tarefas de produção;
- existe uma imobilidade do produto e uma mobilidade do sistema de produção;
- alta incidência de problemas de qualidade do produto final (patologias);
- ocorrência significativa de desperdício ao longo da produção;
- inviabilidade da manutenção de estoques.

Tecnologia da Informação (TI) é a tecnologia que envolve a introdução, armazenamento, processamento e distribuição da informação por meios eletrônicos. A TI compreende eletrônica, automação, computação (*hardware* e *software*) e telecomunicações. A indústria da Construção Civil tem investido pouco em TI em relação a outros setores da indústria (ANDRESEN e outros, 2000).

Segundo Nascimento e outros (2003), as tecnologias mais usadas no setor são aquelas mais específicas como CAD (*Computer Aided Design*) e sistemas para cálculo de estruturas.

Atualmente, as principais aplicações de TI utilizadas nas empresas são as ferramentas administrativas do pacote do sistema operacional, ferramentas baseadas na Internet, sistemas CAD, algumas aplicações baseadas em bancos de dados de diversos portes (de Access a Oracle) com *front ends* (interface) desenvolvidos em *Visual Basic*, PHP, ASP e HTML (NASCIMENTO e outros, 2003).

4.2 Softwares utilizados na elaboração de desenhos

Em geral, para elaboração de projetos de SPHSGC dentro de outros, é necessário à existência de um desenho e/ou projeto para tal é a utilização de *softwares* computacionais que facilitem a elaboração.

Para Construção de um modelo virtual, sólido ou de superfície, ou mesmo que seja um desenho bidimensional com o detalhamento da peça, é necessário o armazenamento dos dados em um arquivo e são necessários programas que tenham a capacidade de armazenamento destes arquivos. Assim, os dados ficam disponíveis para consulta posterior, podendo sofrer novas alterações ou simplesmente serem consultadas por outras pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto.

A ferramenta mais conhecida para elaboração de desenhos denomina-se *Computer Aided Design* (CAD) que nada mais é do que um conjunto formado pelos dados e sua estrutura, utilizados no armazenamento e transferência das informações necessárias para se construir a representação gráfica virtual de um sólido.

Atualmente, por questões estratégicas das empresas, os programas CAD possuem diferentes formatos de arquivo; no entanto, a troca de informações entre os programas é primordial e para isso se faz necessário que um programa consiga trabalhar com o formato de arquivo do outro ou que exista um padrão. O padrão não tem o objetivo de substituir o formato particular do programa e sim se trata de um formato neutro para intermediar a troca das informações com outro programa CAD.

Em dezembro de 1982 a empresa *AutoDesk* apresentou a primeira versão do *AutoCad* 1.0. Pelo fato de sua arquitetura ser aberta, constitui um ambiente propício para o desenvolvimento de aplicativos pelo usuário, permitindo então a utilização em praticamente todas as áreas de desenho e projeto; como engenharia, arquitetura, agrimensura, indústria, científico, design ou qualquer outra aplicação que necessite de desenho de CAD.

Este desenvolvimento se deu primeiramente através do *Visual Lisp* e migrando para a tecnologia *ActiveX* e o *VBA (Visual Basic for Applications)*.

Inicialmente, o programa era destinado a desenhos mecânicos. Devido a sua arquitetura aberta, logo se tornou um padrão para programadores de sistemas, contando hoje com milhares de usuários por todo o mundo, sendo uns dos principais programas utilizados pelos profissionais da área.

Outros sistemas de CAD também se firmaram como padrão, como o *Micro-Station* e o *Vector Works*. Sistemas de CAD (destinados a projeto e desenho), CAM (destinados à manufatura), GIS (destinados a geoprocessamento) específicos tem sido criados, destinados a engenharias (mecânicas, civis e elétricas), à agrimensura, arquitetura, topografia, estradas, e modelagem. Alguns exemplos destes programas são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Programas CAD comerciais, suas empresas de desenvolvimento e formatos de armazenamento

Empresa de:		Formatos de arquivo
Programa CAD	Desenvolvimento	Importação/Exportação
<i>Advance Concrete</i>	<i>GRAITEC</i>	<i>DWG, GTC</i>
<i>Advance Design</i>	<i>GRAITEC</i>	<i>CIS/2, SDNF, PSS, VRML, DXF, GTC</i>
<i>Advance Steel</i>	<i>GRAITEC</i>	<i>DWG, CIS/2, SDNF, PSS, KISS, GTC</i>
<i>AutoCad</i>	<i>AutoDesk</i>	<i>DXF, DWG, DWS, DWT, WMF, SAT, 3DS, DGN</i>
<i>Bricscad</i>	<i>Bricsys</i>	<i>DWG, DXF</i>
<i>BRL-CAD</i>	<i>United States Army Research Laboratory</i>	<i>DXF, Elysium Neutral Facetted, EUCLID, FASTGEN, IGES, Jack, NASTRAN, Pro/E, STL, TANKILL, Unigraphics, Viewpoint</i>
<i>CATIA</i>	<i>Dassault Systèmes</i>	<i>CGR</i>
<i>Digital Project</i>	<i>Gehry Technologies</i>	<i>3dxml, IGES, CGR, DWG</i>
<i>GStarICAD (baseado no IntelliCAD)</i>	<i>Great Star Software</i>	<i>DWG, DWF, WMF, DXF, DWT, ACIS, 3D Studio</i>
<i>AutoDesk Inventor</i>	<i>AutoDesk</i>	<i>ACIS SAT, DXF & DWG, IGES, Pro/Engineer, STEP</i>
<i>CADKEY KeyCreator</i>	<i>Kubotek</i>	<i>ACIS SAT, Catia v4 & v5, DXF & DWG, IGES, Inventor, Parasolid, Pro/Engineer, Solidworks, STEP, UniGraphics</i>
<i>MicroStation</i>	<i>Bentley Systems</i>	<i>DGN, DXF, DWG, SketchUp, Rhino, PDF, Revit, IFC, gbXML</i>

Quadro 5 - Programas CAD comerciais, suas empresas de desenvolvimento e formatos de armazenamento - continuação

Empresa de:		Formatos de arquivo
Programa CAD	Desenvolvimento	Importação/Exportação
<i>NX</i>	<i>Siemens PLM Software</i>	<i>JT, Parasolid, STEP, DWG/DXF, ProE, SolidWorks, I-deas, CATIA (V4/V5), STL, IGES</i>
<i>Pro/ENGINEER</i>	<i>Parametric Technology Corporation</i>	<i>STEP, IGES, DXF, DWG, Parasolid, JT, ASIC</i>
<i>QCad</i>	<i>RibbonSoft</i>	<i>DXF R12, DXF 2000</i>
<i>SagCAD</i>	<i>SagCAD developers</i>	<i>DXF</i>
<i>Shark LT e Shark, Shark FX</i>	<i>Punch!</i>	<i>Template:3D Studio, Acis SAT, AI, PSD, BMP, Catia, DWG, DXF, EPS, Facet, FACT, GIF, Grid Surf, IGS, JPG, PDF, PICT, PNG, ProE, Punch!, Rhino, Sketchup, Spline, STEP, STL, Text, TIFF, COB, OBJ</i>
<i>Solid Edge</i>	<i>Siemens PLM Software</i>	<i>IGES, STEP, DXF, JT, ACIS (SAT), ProE, SolidWorks, NX, SDRC, Microstation, Inventor, CATIA (V4/V5), Parasolid, AutoCad, STL, XML, MDS</i>
<i>Solidworks</i>	<i>SolidWorks Corp.</i>	<i>Sldprt, sldasm, slddrw, DXF, DWG, Parasolid, IGES, STEP, ACIS, VDAFS, VRML, STL, Catia, ProE, Unigraphics, Inventor Part, Solid Edge, CADKEY</i>
<i>SpaceClaim</i>	<i>SpaceClaim Corporation</i>	<i>Rhino (.3DM), IGES, STEP, ProE, SolidEdge, SolidWorks, Inventor, NX, CATIA (V4/V5), Parasolid, AutoCad</i>
<i>TopSolid</i>	<i>Missler Software</i>	<i>IGES, STEP,</i>
<i>VariCAD</i>	<i>VariCAD</i>	<i>STEP (3D), DWG (2D), DXF (2D), IGES (2D)</i>
<i>VectorWorks</i>	<i>Nemetschek</i>	<i>DWG, DXF, PDF, EPSF, 3DS, SAT, Sketchup, IFC, IGES</i>
<i>Revit</i>	<i>AutoDesk</i>	<i>RFA, RVT, PLT, DWG, DXE, DGN, SAT ou SKP</i>
<i>Archicad</i>	<i>Graphisoft</i>	<i>PDF, DWG, PLT, PLN, PLA, TPL</i>

Fonte: Autor

Atualmente são vários programas computacionais, no entanto a necessidade do mercado vem aumentando gradativamente, com isso gera cada vez mais a necessidade de programas que facilitam o dia a dia, deixando-o cada vez, mas dinâmico e concorrido.

4.3 Recursos utilizados na elaboração do programa computacional

4.3.1 Banco de dados

Primeiramente se faz necessário uma breve conceituação do termo “banco de dados”, que nada mais é do que um conjunto de dados organizados de modo a atender uma determinada finalidade, ou um conjunto de finalidades integradas. O termo “banco de dados espaciais” é utilizado quando os dados a serem armazenados possuem características espaciais, ou seja, possuem propriedades que descrevem a sua localização no espaço e a sua forma de representação (SILVA, 2002).

Segundo Takai, e outros (2005) o banco de dados possui as seguintes propriedades:

- deve conter uma coleção lógica coerente de dados com um significado inerente; uma disposição desordenada dos dados não pode ser referenciada como um banco de dados;
- deve ser projetado e manipulado com dados para um propósito específico.
- simula algum aspecto do mundo real, o qual é chamado de “minimundo”; qualquer alteração efetuada no minimundo é automaticamente refletida no banco de dados.

Banco de dados pode ser criado e mantido por um conjunto de aplicações desenvolvidas especialmente por um “Sistema Gerenciador de Banco de Dados” (SGBD) que é, basicamente, um mecanismo eficiente de armazenamento onde pode haver a manipulação de dados, cujo gerenciamento é controlado pelo Sistema Gerenciador de banco de dados.

Um SGBD é um conjunto de *softwares* que gerencia a estrutura do banco de dados e controla o acesso aos dados armazenados no mesmo. A meta básica de um SGBD é proporcionar um ambiente conveniente e eficiente para armazenamento e recuperação da informação onde permita aos usuários criarem e manipularem os bancos de dados para propósito geral. O conjunto formado por um banco de dados e as aplicações que manipulam o mesmo é chamado de “Sistema de Banco de Dados”.

Os bancos de dados exigem muita memória e, por isso, são armazenados em memória secundária, usualmente discos, e transferidos para a memória principal quando necessário. A velocidade de acesso ao disco é bem mais baixa quando comparado à memória principal. Logo, os dados são estruturados de modo a minimizar a necessidade de movimentação entre disco e memória. Desse modo, um SGBD geralmente mantém índices para os dados, que são estruturas de métodos de acesso que aceleram a recuperação dos dados, diminuindo os acessos ao disco.

Entende-se por manipulação do banco de dados, operações do tipo: definição do esquema do banco de dados (projeto geral do banco), recuperação da informação, atualização, inserção e exclusão de dados.

O gerenciador de armazenamento faz a interface entre os dados armazenados e o processador de consultas, capturando do disco os blocos de dados necessários para atender aos requisitos de uma consulta (por exemplo) e gerenciando esses dados nos buffers de memória principal.

O Processador de Consultas, também chamado de Gerenciador de Consultas, interpreta a Linguagem de Manipulação de Dados (DML) utilizada pelo banco de dados, gerando um plano estratégico de execução com instruções de baixo nível para que o Gerenciador de Armazenamento possa efetuar as operações necessárias. A DML é uma linguagem que viabiliza o acesso ou a manipulação (recuperação, inserção, remoção ou modificação) do banco de dados.

4.3.2 Programas utilizados no gerenciamento do banco de dados

Os primeiros bancos de dados foram criados em conjunto com os grandes servidores nos anos 60, por exemplo, o *IBM System/360*.

Eles não estavam à altura dos *Personal Computer (PCs)* atuais, como tal, esses bancos de dados necessitavam de pessoal altamente especializado. Ainda que o 'hardware' dos computadores antigos fosse pouco confiável, extremamente mais lento e tivesse menos capacidade de armazenamento, um dos recursos de banco de dados ainda continua atraente: o acesso aos dados por vários usuários através de uma rede.

Nos anos 70, os cientistas formaram a teoria dos bancos de dados relacionais (termos como: tabela, registro, coluna (campo) e relação, entre outros). Na base desta teoria, os bancos de dados IBM DB2 e Oracle foram criadas, sendo desenvolvidas e usadas até hoje. Na final dos anos 70, foram construídos os primeiros PCs. Os seus usuários poderiam (gradualmente) usar vários tipos de aplicativos, incluindo os usados para a Construção de bancos de dados.

Quando chegaram os grandes bancos de dados nas empresas, a situação não mudou: eles continuam a pedir computadores poderosos ou complexos de computadores chamados *clusters*.

Na área de bancos de dados acessíveis, com interfaces gráficas para PCs, pode-se citar como exemplo de SGBD:

- *DBase* - uma ferramenta para operar em bancos de dados para DOS, popular nos anos 80. Os arquivos no formato do *DBase* ainda hoje são usados em alguns casos específicos, devido à sua simplicidade.
- *FoxPro* - um aplicativo semelhante ao *DBase* (início dos anos 90). Após terem sido adquiridas pela *Microsoft*, as interfaces gráficas foram introduzidas e, como tal, é usada para criar bancos de dados nos PCs. Este produto ainda é oferecido, ainda que esteja um pouco obsoleto.
- *Microsoft Access* - um aplicativo para bancos de dados (dados e desenho gráfico da interface) com muitas simplificações, o que o torna adequado para principiantes; foi desenhada no fim dos anos 80, baseada na arquitetura de 16 bits. Os produtos oferecidos ainda são largamente usados nos dias de hoje, especialmente nas empresas pequenas, onde a eficiência e os requisitos multiusuários não são muito importantes.
- *FileMaker* - um aplicativo conhecido e semelhante ao MS Access em simplicidade, operando em plataformas Windows e Macintosh, que é oferecida desde 1985.
- *Kexi* - um aplicativo multi-plataforma (Unix/Linux, Windows, Mac OS X), desenhado em 2003, desenvolvida de acordo com os princípios OpenSource, parte do projeto global que é o Ambiente de Trabalho K, isto é um ambiente gráfico para os sistemas Unix/Linux. Uma contribuição significativa para o desenvolvimento do *Kexi* é a companhia *OpenOffice* Polônia.
- O *MS SQL Server* é um gerenciador de Banco de dados relacional feito pela *Microsoft*. É um Banco de dados robusto e usado por sistemas corporativos dos mais diversos portes. Sua versão atual é a 2005. Entre os novos recursos está a integração com o *Framework.Net*, que possibilita construir rotinas utilizando as linguagens do .Net como VB.Net e C#. O *MS SQL Server* funciona apenas sob algumas das várias versões do sistema operacional Windows, da *Microsoft*, ao contrário de seus grandes concorrentes, Oracle e PostgreSQL, que funcionam em diversas plataformas e sistemas operacionais diferentes.
- *Oracle* é basicamente uma ferramenta cliente/servidor para a gestão de Bases de Dados. É um produto vendido a nível mundial, embora seu elevado preço faça com que só seja utilizado em empresas muito grandes e multinacionais, por norma geral. No desenvolvimento de páginas *web* acontece o mesmo: como é um sistema muito caro não está tão espalhado como outras bases de dados, por exemplo, Access, MySQL, SQL Server, etc.

- O *PostgreSQL* é hoje a melhor alternativa de bancos de dados em *software* livre e um dos bancos mais confiáveis da atualidade. Aguenta uma carga superior a muitos outros bancos e por ter custo zero, foi escolhido como o padrão para o Expresso. São guardados no banco dados necessários à execução da aplicação, *flags*, variáveis dos serviços de correio, entre outros.

Os *softwares* acima relacionados são utilizados na criação e gerenciamento do banco de dados, cada um com sua particularidade e interface diferenciada.

4.4 Escolha da linguagem de programação e *software* utilizados

No desenvolvimento *software* proposto, a programação será realizada na linguagem *Visual Basic.Net* incorporado ao ambiente do *AutoCad*. Desta forma será possível incorporar informações de produtividade da mão de obra dentro dos projetos de sistemas prediais, incorporando dados à interface gráfica dos projetos, armazenando-os dentro de um banco de dados, proporcionando uma maior agilidade na coleta e visualização de informações e posterior comparação entre projetos sobre dados de produtividade da mão de obra em sistemas prediais. Para utilizar estas tecnologias são necessários os conhecimentos de sua estrutura, sintaxe e recursos, para então estar capacitado a criar aplicações utilizando a automação de *softwares*.

O primeiro fator levado em consideração para a utilização do *AutoCad* foi que existe, ainda que reduzida, uma literatura técnica sólida acerca dessa tecnologia de automação para o *AutoCad* em suas várias versões. Portanto, baseando-se nessa literatura (*AUTODESK*,1999; *AUTODESK*,2003; *AUTODESK*,2006; FINKELSTEIN, 2007; FINKELSTEIN, 2004), pode-se encurtar o tempo necessário para o domínio da tecnologia e, por conseguinte reduzir o tempo para a sua aplicação e obtenção de alguns resultados.

O outro fator considerado foi o grande número de usuários do *AutoCad* em comparação com outras plataformas *Computer Aided Design* (CAD) e modeladores de sólidos, além do tempo em que este programa está no mercado, além da maioria dos projetos SHPS ainda serem desenvolvidos em 2D. O fato de que há muitos grupos de discussão, fóruns, páginas na Internet, com a difusão de conhecimento em termos de programas executáveis, código fonte, explicações sobre o funcionamento de comandos, soluções de casos e diversos aplicativos desenvolvidos; auxiliarão no desenvolvimento desta pesquisa com o *AutoCad*.

No desenvolvimento do programa computacional proposto, a programação foi realizada na linguagem *Visual Basic.Net* e foi utilizado o ambiente de programação *Visual Studio .NET*.

A escolha dessa linguagem *Visual Basic.Net*, foi devido à facilidade de integração com o *AutoCad* e o grande número de tutoriais e páginas na internet descrevendo sobre o assunto, o que facilitou a utilização de suas ferramentas.

O *Visual Basic.NET* é um produto extremamente diferente do antigo *Visual Basic 6.0*, não podendo ser considerada como uma versão seguinte. Devido a todo o conceito incorporado de orientação a objetos trouxe poder para a linguagem. A *Microsoft* simplesmente descontinuou o antigo *Visual Basic 6.0* tornando o produto parecido com as demais linguagens do *Visual Studio*, parecido em questões de recursos e portabilidade, pois o *Visual Basic.NET* ainda é muito diferentes de linguagens como o *Visual C++*, *C#*, etc. Porém esta nova versão aproximou o *Visual Basic.NET* das grandes linguagens de programação, aumentando a aceitação dos programadores.

4.5 Considerações finais acerca do capítulo

O conhecimento das ferramentas e programas com potencial de utilização no desenvolvimento do programa computacional influenciou na escolha de uma ferramenta capaz de atingir os objetivos desejados pelo presente estudo, como poderemos verificar no próximo capítulo. A utilização de uma ferramenta capaz de interagir diretamente com a plataforma CAD facilitou a interação do desenho (projeto dos SPHSGC) com o banco de dados a ser criado, pois a maioria destes projetos é gerada em programas específicos, mas são apresentados em arquivos que utilizam a plataforma CAD para serem visualizados.

5. PROGRAMA COMPUTACIONAL

Para o desenvolvimento do programa computacional, todas as informações referentes aos SPHSGC e os aspectos inerentes à coleta de dados em canteiro de obras, aos materiais empregados e à estratégia de execução destes sistemas foram contemplados. Após a elaboração iniciou-se uma fase de testes para a validação do programa computacional.

5.1 Premissas consideradas no desenvolvimento do programa computacional

O desenvolvimento do programa foi baseado nas seguintes premissas:

- A) conter um menu de fácil utilização e que agilize a coleta de dados tanto em canteiro de obras quanto em projeto (quantificação dos serviços a serem realizados);
- B) ter como principal diferencial fazer a união do projeto CAD com o banco de dados alimentado tanto durante a coleta de dados em obra quanto durante a coleta de dados de projeto;
- C) proporcionar ao usuário o cálculo da produtividade da mão de obra considerando a divisão dos serviços em tarefas e subtarefas;
- D) trabalhar dentro da plataforma AutoCad.

5.2 Informações referentes à produtividade utilizadas na ferramenta computacional

No desenvolvimento do programa computacional, foram utilizadas para o cálculo da produtividade da mão de obra, basicamente, duas informações: homens-hora demandados para a execução do serviço e a quantidade de serviço executada por estes homens em um determinado tempo.

A quantidade de homens-hora é obtida junto ao encarregado do serviço de instalações prediais e confirmada no cartão de ponto dos funcionários envolvidos; para a utilização deste valor, considera-se o tempo em que o funcionário esteve disponível no canteiro de obras para a execução dos serviços.

A quantidade de serviço executada é calculada com base no projeto de SPHSGC e por meio de algumas medições realizadas no local, pois alguns projetos não trazem um detalhamento adequado para a correta quantificação dos serviços.

Na Figura 24 podem ser verificados os dados que serão informados e calculados pelo programa referentes à produtividade.

Figura 24 – Dados a serem informados/calculados pelo programa

Seq	Data	Oficiais	Ajudantes	EqDireta	HrTrabalhadas	HmHrOficiais	HmHrAjudantes	HmHrEqDireta	HmHrCumOficiais	HmHrCumAjudantes	HmHrCumEqDireta
1	18/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	8	16
2	17/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	16	16
3	18/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	24	24
4	19/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	32	32
5	20/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	40	40
6	21/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	48	48
7	22/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	56	56
8	23/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	64	64
9	24/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	72	72
10	25/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	80	80
11	26/06/2012	1	1	2	8	8	8	8	16	88	88
12	17/07/2012	1	1	2	5	5	5	5	10	93	93

Empresa: Tan Engenharia Obra: Teste Serviços: Data Inicial: 28/08/2011 Data Final: 11/10/2012 Consultar
 Exportar Excel
 Rup Oficiais Potencial : 0,532
 Rup Eq. Direta Potencial : 1,063
 PPMO Oficial : 51,919
 PPMO Direta : 51,942

Fonte: Autor.

Devido à fragmentação dos SPHSGC, o programa proporciona uma inserção de dados de coleta de acordo com a estratégia de execução dos serviços que estão sendo realizados, não necessitando executá-los em uma sequência única, podendo ter diversos serviços sendo executados em vários pavimentos diferentes.

Além das informações referentes à produtividade, vários outros dados serão cadastrados, como:

- **Materiais utilizados para a execução das tubulações:** será possível o cadastro do tipo de tubulação a ser utilizada em cada trecho, como por exemplo: PVC, cobre, ferro fundido, etc.;
- **Informações referentes às partes dos sistemas:** poderão ser cadastradas e identificadas informações referentes a cada trecho do sistema, exemplo: diâmetro, comprimento e número do trecho.
- **Divisão dos serviços:** a divisão dos serviços poderá ser feita nas suas respectivas tarefas e subtarefas, as quais poderão ser divididas conforme a estratégia de execução adotada, pois estas divisões podem ser cadastradas pelo usuário a fim de adequar-se ao controle imposto pelo gestor;

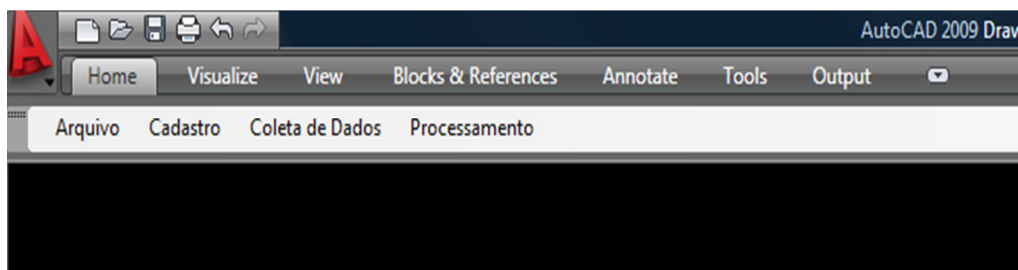
5.3 Estrutura do Programa

O programa está estruturado em três blocos:

- (a) **Cadastro:** destinado ao cadastro das informações relacionadas à identificação da empresa/obra, variáveis de projeto (principais características); variáveis de execução (serviços e suas tarefas e subtarefas);
- (b) **Coleta de dados:** refere-se à coleta de informação referente ao projeto, relacionando-as ao cadastro já efetuado na opção anterior, e à coleta de dados durante a execução dos serviços;
- (c) **Processamento:** refere-se ao processamento dos dados para o cálculo dos indicadores de produtividade da mão de obra, nas duas diversas modalidades (categorias) e à emissão de relatórios pertinentes de acordo com filtros pré-determinados.

O menu principal do programa foi desenvolvido de forma a fornecer ao usuário uma fácil visualização, pois está localizado na parte superior do menu do Autocad e possui uma sequência simples de utilização, conforme Figura 25.

Figura 25 - Menu Programa integrado ao Autocad

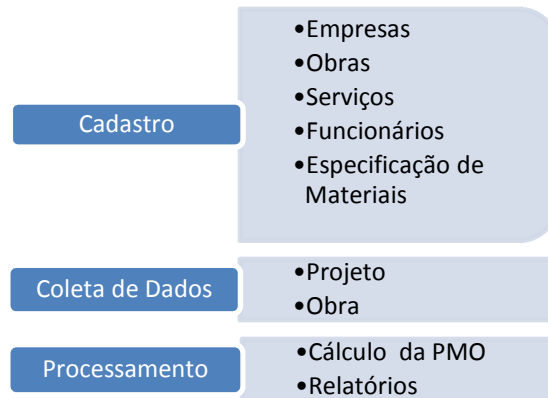


Fonte: Autor.

5.4 Detalhamento da estrutura do banco de dados

O banco de dados foi estruturado de forma a agregar todas as informações necessárias para o entendimento da produtividade da mão de obra (processamento e análise) na execução dos SPHSGC. Assim, o menu principal foi desenvolvido de forma a adicionar informações no banco de dados, referentes aos 3 blocos de ações: 1) cadastro, 2) coleta de dados e 3) processamento dos dados (Figura 26).

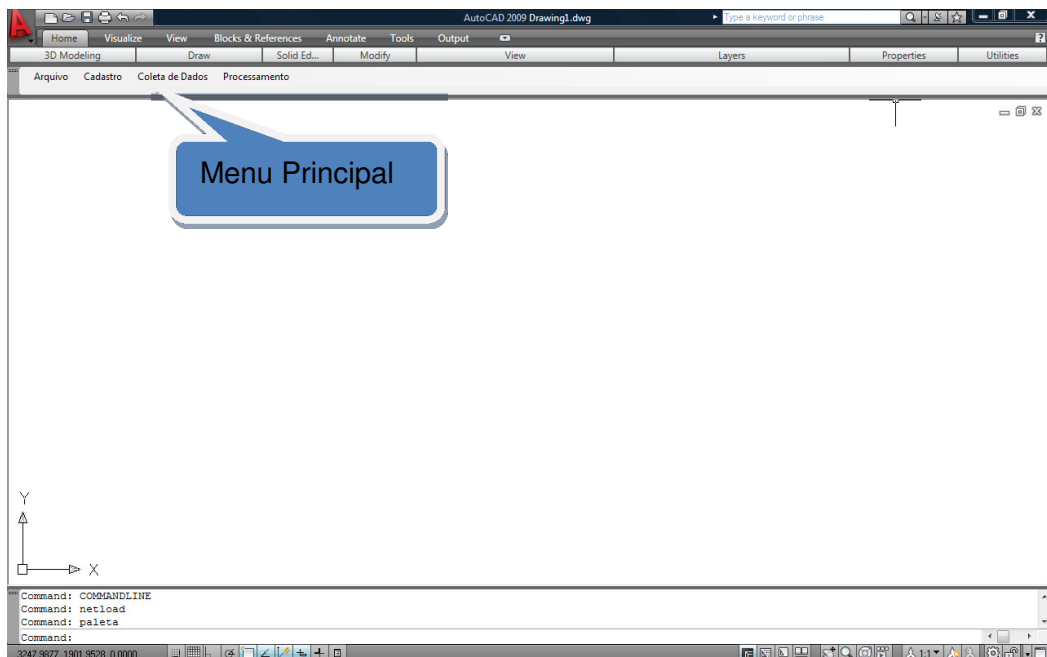
Figura 26 – Menu Principal do Banco de Dados.



Fonte: Autor.

O menu principal do programa pode ser verificado na Figura 27.

Figura 27 – Tela do Menu Principal



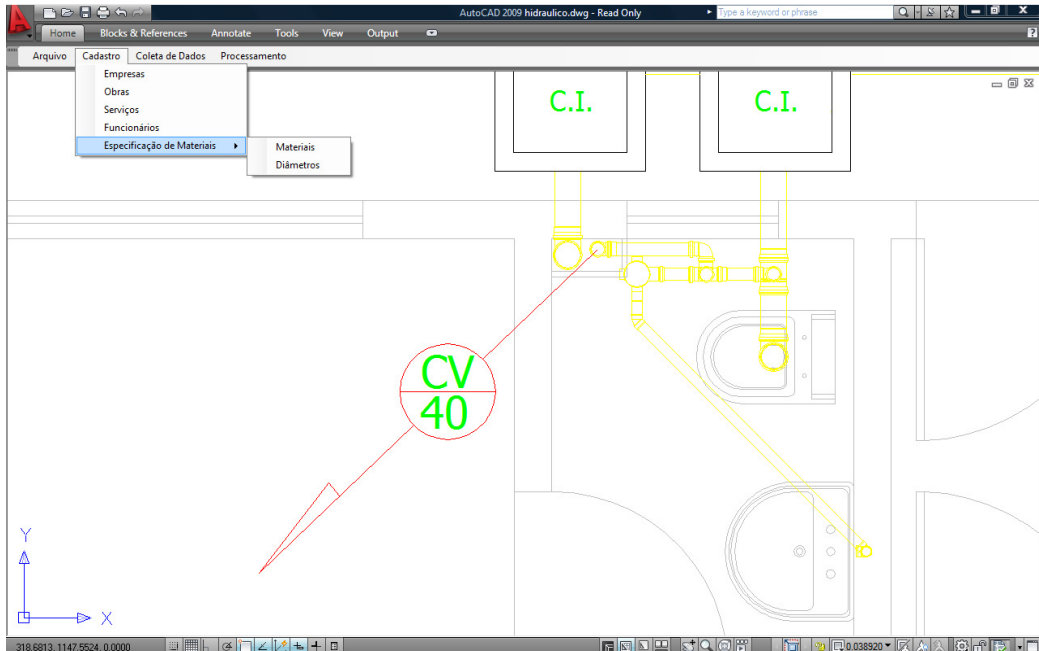
Fonte: Autor.

5.4.1 Menu Cadastro

No menu **Cadastro**, o usuário poderá cadastrar empresas, obras, serviços, funcionários e os materiais empregados na execução dos SPHSGC. Os registros dos arquivos possuem campos-chave que permitem a associação dos dados relativos aos funcionários, serviços e funcionários às obras e, por conseguinte, à empresa. Este cadastro tem como objetivo facilitar a entrada de dados para o cálculo da produtividade da mão de obra. O usuário poderá cadastrar novos dados, editá-los e até mesmo excluí-los. Na Figura 28 ilustra-se a tela de apresentação deste menu, especificamente, para o cadastro das

informações relativas ao projeto de sistemas prediais (esgoto sanitário, no exemplo) quanto aos possíveis tipos de materiais e diâmetros das tubulações.

Figura 28 – Tela de Cadastro - Menu Cadastro



Fonte: Autor.

O **menu Cadastro** é composto por empresas, obras, serviços, funcionários e os materiais empregados.

Nos Itens deste menu serão inseridas as seguintes informações:

- **Cadastro - Empresas**
 - Nome empresa
 - Telefone
 - e-mail

Este cadastro é muito importante, pois através do nome da empresa serão localizadas as informações das obras.

- **Cadastro – Obras**
 - Nome obra
 - Empresa
 - Tipo de edificação
 - Número de pavimentos
 - Área apartamento
 - Número de apartamento por andar
 - Área total

- **Cadastro – Serviços**
 - Nome serviço a ser executado
- **Cadastro – Funcionários**
 - Nome funcionário
 - Empresa
 - Cargo
 - Função
- **Cadastro – Especificação de materiais**
 - Identificação dos materiais
 - Diâmetros

5.4.2 Menu Coleta de Dados

O menu **Coleta de Dados** é a espinha dorsal da estrutura do banco de dados. É dividido em duas partes: Projeto e Obra. Ao escolher a opção Projeto, o usuário procederá ao cadastramento dos quantitativos de projetos levando-se em consideração as tarefas e subtarefas, a especificação dos materiais empregados, mediante o cadastro prévio realizado no menu **Cadastro**.

O programa utilizará a interface gráfica para a inserção destes dados na qual o usuário clicará nos trechos de tubulações e automaticamente o programa assumirá os atributos relacionados aos mesmos, tais como: comprimento da tubulação, número de conexões entre outros. Este quantitativo será discriminado de acordo com o ambiente, apartamento e pavimento. Na Figura 29 ilustra-se a tela de acesso a este procedimento. Nesta mesma Figura destacam-se, ao lado direito, os campos do registro de entrada de dados.

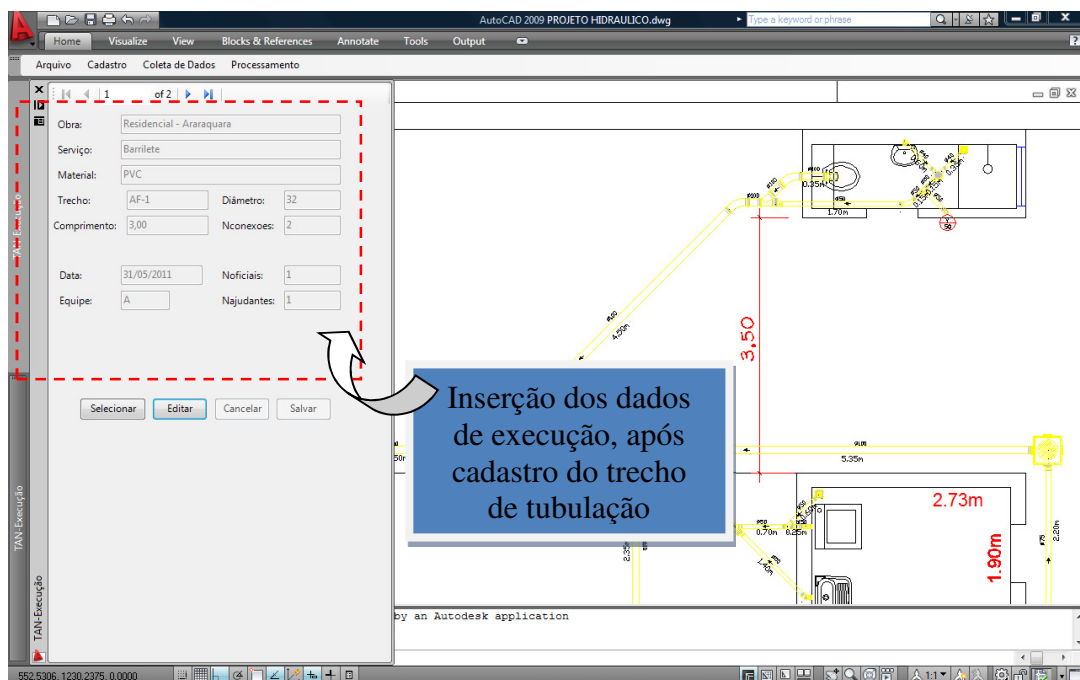
Figura 29 – Tela de entrada do quantitativo de projeto - Menu Coleta de Dados



Fonte: Autor.

Após a inserção do quantitativo de projeto, através deste menu, o usuário terá acesso a inserção dos dados coletados nos canteiros de obras através da opção **Obra**. Nesta opção, o responsável pela coleta deverá entrar com os dados relativos à QS (quantidade de serviço executada) associado a cada tarefa ou subtarefa, conforme Figura 30.

Figura 30 - Tela de entrada dos dados de execução da mão de obra - Menu Coleta de Dados



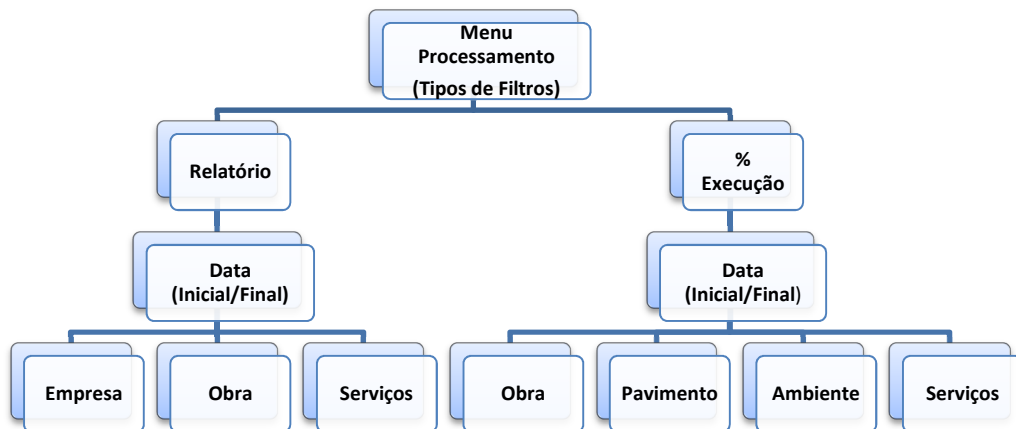
Fonte: Autor.

Como particularidade, a entrada de dados relativa à QS será feita através da interface gráfica (desenho), na qual o usuário clicará nas partes executadas e automaticamente será criado um registro com as informações necessárias.

5.4.3 Menu Processamento

Nesta opção, o usuário poderá emitir relatórios consolidados de acordo com diversas opções de filtros existentes, conforme segue (Figura 31):

Figura 31 – Organograma contendo opções de filtros existentes no programa computacional



Fonte: Autor.

De posse destas informações, o usuário poderá processar os dados no sentido de obter os indicadores de produtividade da mão de obra nas suas diversas modalidades, através da opção **Cálculo da PMO**.

Após o processamento dos dados, o usuário poderá emitir relatórios a respeito da produtividade da mão de obra considerando várias opções e filtros acessando a opção **Relatórios**. Como exemplo, o usuário poderá emitir relatórios detalhados ou sintéticos, discriminados por obra, empresa, ao nível dos serviços ou suas respectivas tarefas e subtarefas. Na Figura 32 ilustra-se um exemplo de relatório possível para a análise da produtividade da mão de obra na execução de uma determinada tarefa/subtarefa.

Figura 32 – Exemplo de resultados de produtividade da mão de obra

Seq	Data	Oficiais	Ajudantes	EqDireta	HrTrabalhadas	HmHrOficiais	HmHrAjudantes	HmHrEqDireta	HmHrCumOficiais	HmHrCum
1	16/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	8	16
2	17/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	16	24
3	18/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	24	32
4	19/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	32	40
5	20/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	40	48
6	21/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	48	56
7	22/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	56	64
8	23/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	64	72
9	24/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	72	80
10	25/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	80	88
11	26/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	88	96
12	01/07/2012	1	1	2	8	8	8	16	96	

Rup Oficiais Potencial : 0,216
Rup Eq. Direta Potencial : 0,432
PPMO Oficial : 12,581
PPMO Direta : 12,558

Fonte: Autor.

Neste relatório, são apresentados os valores dos indicadores de produtividade da mão de obra para uma tarefa/subtarefa em particular, considerando as suas diversas categorias (Potencial, Diária e Cumulativa), assim como o tipo de mão de obra considerada (Oficiais ou Direta).

Outro relatório relevante é o apresentado na Figura 33, a seguir, no qual se apresenta o resumo das produtividades nas diversas tarefas e subtarefas de um determinado serviço, por exemplo.

Figura 33 - Exemplo de relatório contendo relação de tarefas/subtarefas e seus respectivos valores de produtividade da mão de obra.

Seq	Data	Oficiais	Ajudantes	EqDireta	HmHrAjudantes	HmHrEqDireta	HmHrCumOficiais	HmHrCum
1	16/06/2012	1	1	2	8	8	16	8
2	17/06/2012	1	1	2	8	8	16	16
3	18/06/2012	1	1	2	8	8	16	24
4	21/06/2012	1	1	2	8	8	16	32
5	23/06/2012	1	1	2	8	8	16	40
6	24/06/2012	1	1	2	8	8	16	48
7	25/06/2012	1	1	2	8	8	16	56

Rup Oficiais Potencial : 0,821
Rup Eq. Direta Potencial : 1,642
PPMO Oficial : 21,187
PPMO Direta : 21,181

Fonte: Autor.

De acordo com este relatório, o gestor do serviço poderá identificar quais tarefas e subtarefas demandam maior esforço da mão de obra (maior valor de RUP Pot.), quais tarefas e subtarefas apresentam problemas de gestão da execução, assim como os valores de produtividade a serem utilizados na composição orçamentária de próximas obras (RUP cumulativa).

5.5 Testes realizados para a validação do banco de dados e verificação dos dados apresentados pelo programa computacional

Para verificação das informações apresentadas pelo programa, foram efetuados vários testes a fim de validar os cálculos apresentados em seu relatório e a funcionalidade dos menus. Inicialmente foi cadastrado um pavimento tipo de um projeto de SPHSGC. Os testes realizados para a validação do programa foram feitos, conforme apresentado nos Quadros 6, 7 e 8.

5.5.1 Menu Cadastro

Os testes realizados no Menu Cadastro são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Rotinas para a validação - Menu Cadastro

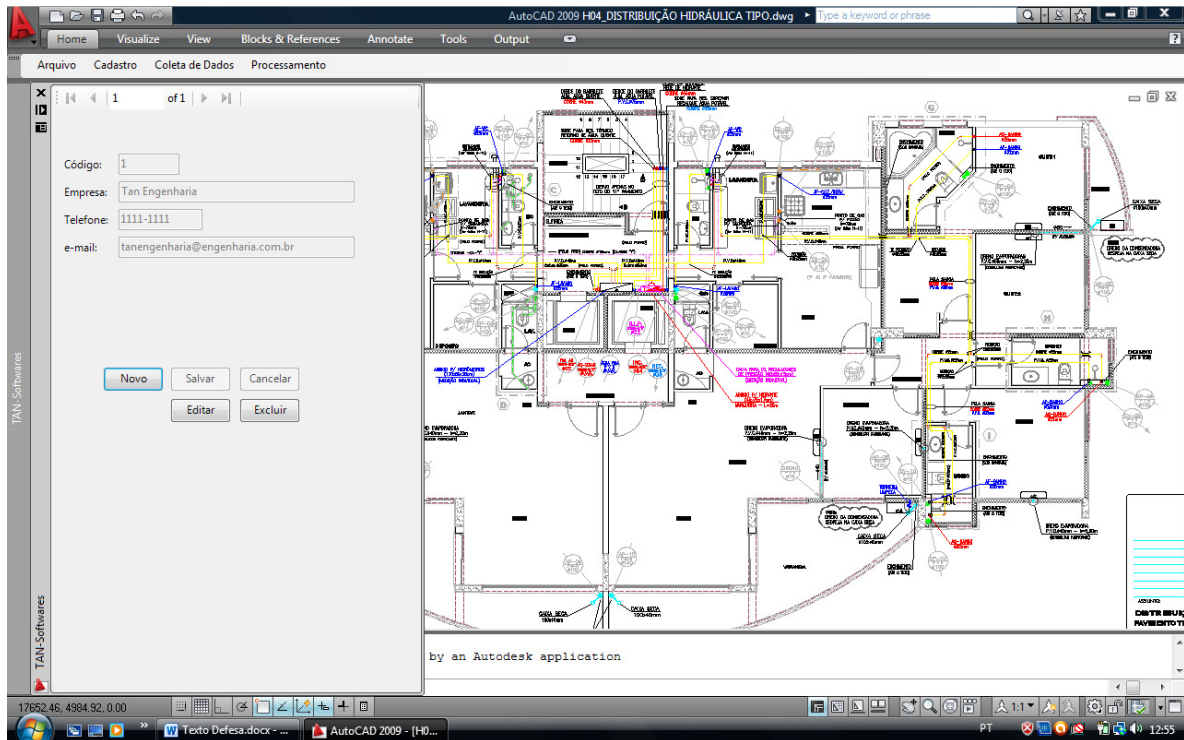
Testes	Descrição	Procedimento
1	Inserir dados relativos ao cadastro e efetuar gravação.	Verificar gravação de dados inseridos no banco.
2	Inserir novos dados sem preenchimento completo de todos os campos.	Verificar se o programa emitirá aviso durante a gravação dos dados.
3	Inserir registros duplicados.	Verificar se o programa aceita a gravação destes dados.
4	Editar dados existentes.	Verificar a ocorrência de erros durante a edição e realizar a alteração de registros já existentes e efetuar a gravação.
5	Excluir registros	Verificar se o registro informado, foi realmente excluído do banco de dados.

Fonte: Autor.

Os testes selecionados no Menu Cadastro foram efetuados de forma a verificar o funcionamento e utilização do programa. Para isto, vários registros foram incluídos, editados e salvos a fim de se verificar falhas no sistema.

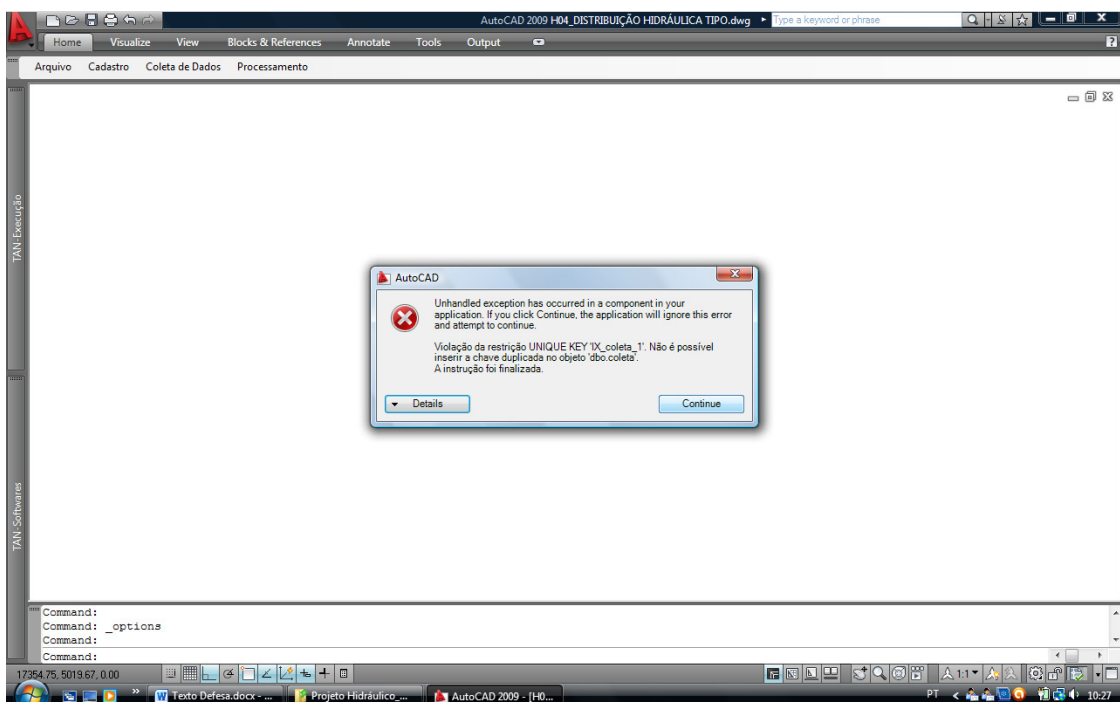
Todos os testes elencados no Quadro 6 foram realizados. Na sequência apresentam-se algumas mensagens de advertência ao usuário de acordo com os testes realizados (Figuras 34 e 35).

Figura 34 – Teste realizado no Menu “Empresa”



Fonte: Autor.

Figura 35 – Tela advertência de registro duplicado



Fonte: Autor.

Portanto, de acordo com os testes realizados, não foram observados problemas na utilização deste menu.

5.5.2 Menu Coleta de Dados

Como o Menu Cadastro não apresentou falhas, partiu-se para os testes do Menu Coleta de Dados. Para realizá-los, foram registrados dados de um pequeno trecho de um projeto hidráulico utilizando-se a interface gráfica proposta neste trabalho.

Os testes realizados no Menu Coleta de Dados são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Rotinas para a validação - Menu Coleta de Dados

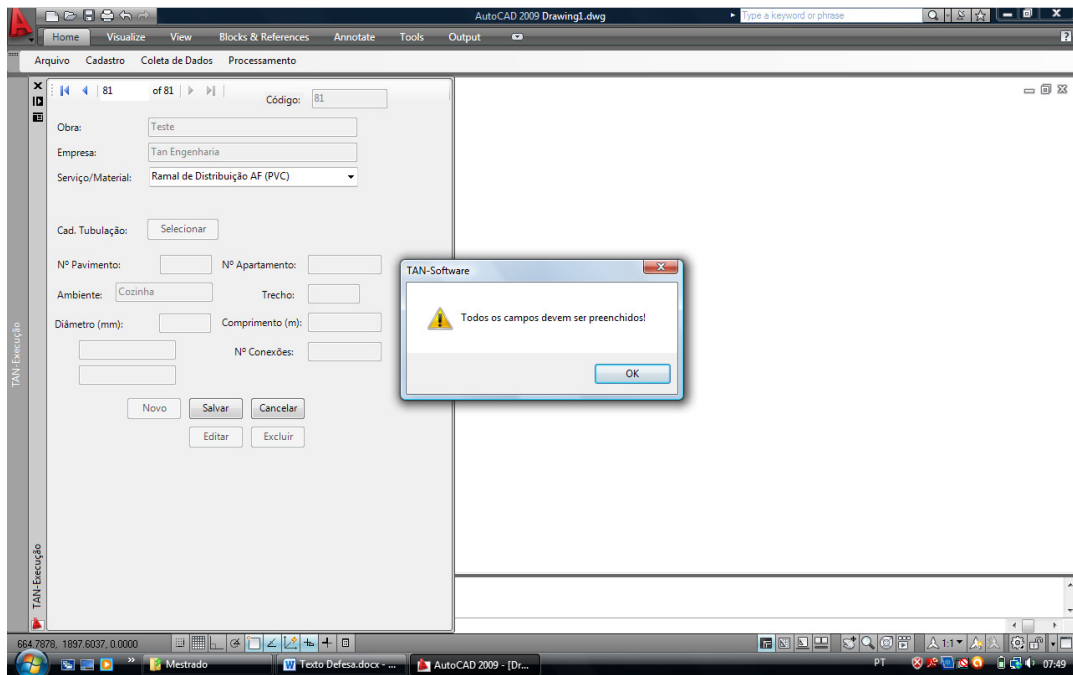
Testes	Descrição	Procedimento
1	Inserir dados relativos ao cadastro e efetuar gravação.	Verificar gravação de dados inseridos no banco.
2	Inserir novos dados sem preenchimento completo de todos os campos.	Verificar se o programa emitirá aviso durante a gravação dos dados.
3	Inserir registros duplicados.	Verificar se o programa aceita a gravação destes dados.
4	Editar dados existentes.	Verificar a ocorrência de erros durante a edição e realizar a alteração de registros já existentes e efetuar a gravação.
5	Excluir registros	Verificar se o registro informado foi realmente excluído do banco de dados.
6	Selecionar dados do menu "Cadastro".	Verificar se todos os dados cadastrados no menu "Cadastro" estão listados no campo do menu "Coleta de Dados".
7	Inserir valores negativos.	Verificar se o programa informará o usuário que valores negativos não são aceitos, quando for efetuada a gravação dos dados no banco.
8	Efetuar a seleção da tubulação.	Verificar se a tubulação selecionada foi inserida ao banco de dados e a alteração de cor da tubulação.

Fonte: Autor.

Na sequência são apresentadas algumas telas de erros de acordo com os testes realizados, o que demonstra o correto funcionamento do programa realizado.

Na Figura 36 ilustra-se a mensagem de erro quanto o usuário não preenche a totalidade dos campos requeridos.

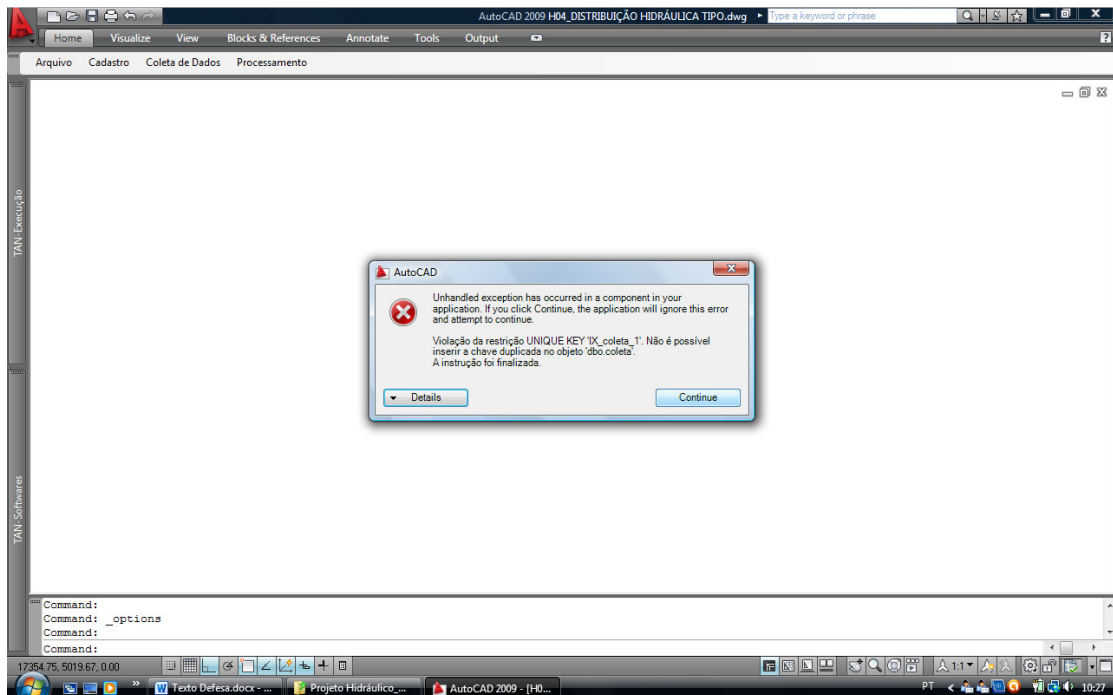
Figura 36 – Tela de informação: todos os campos devem ser preenchidos



Fonte: Autor.

Na Figura 37 ilustra-se a mensagem de erro quando o usuário tenta cadastrar um trecho de tubulação já cadastrada no banco de dados.

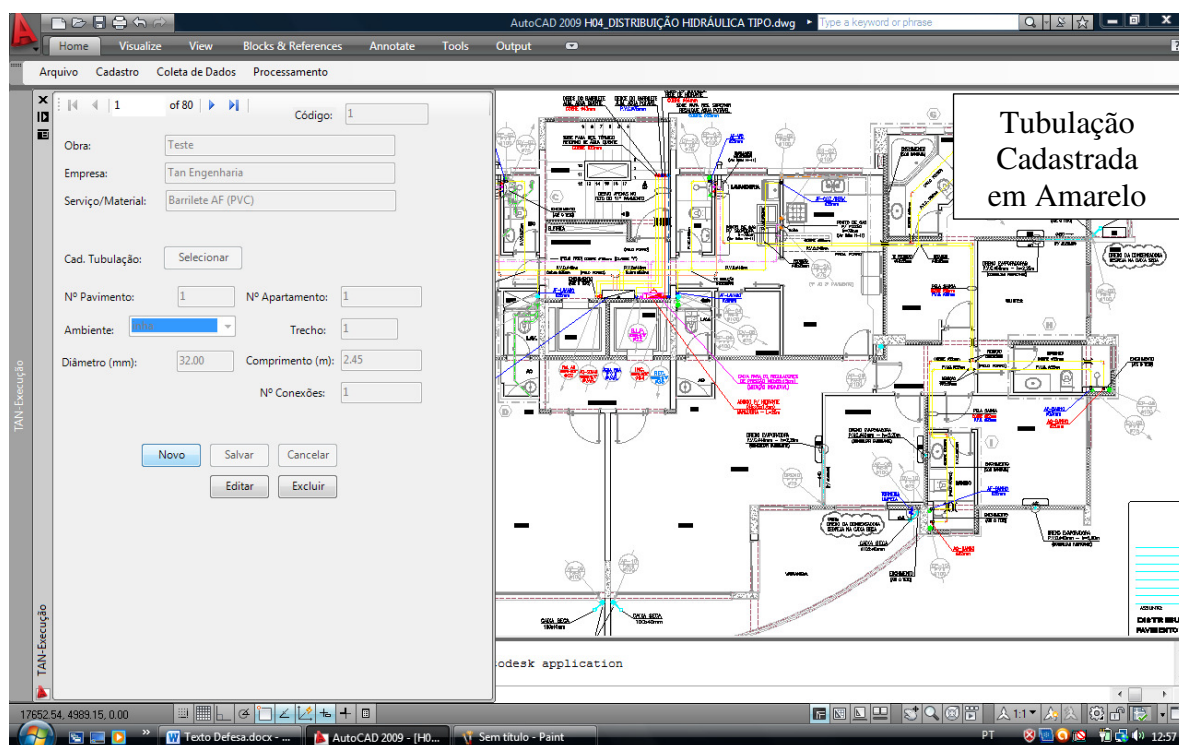
Figura 37 – Tela advertência de registro duplicado.



Fonte: Autor.

Para que o usuário não se confunda no momento de efetuar o cadastro dos trechos de tubulação do sistema predial em análise, criou-se uma rotina na qual, ao se clicar sobre o trecho a ser cadastrado, automaticamente este muda de cor. Assim, o usuário saberá, ao longo desta atividade, quais trechos já foram cadastrados e quais ainda restam para cadastrar. Na Figura 38, os trechos já cadastrados aparecem na cor amarela.

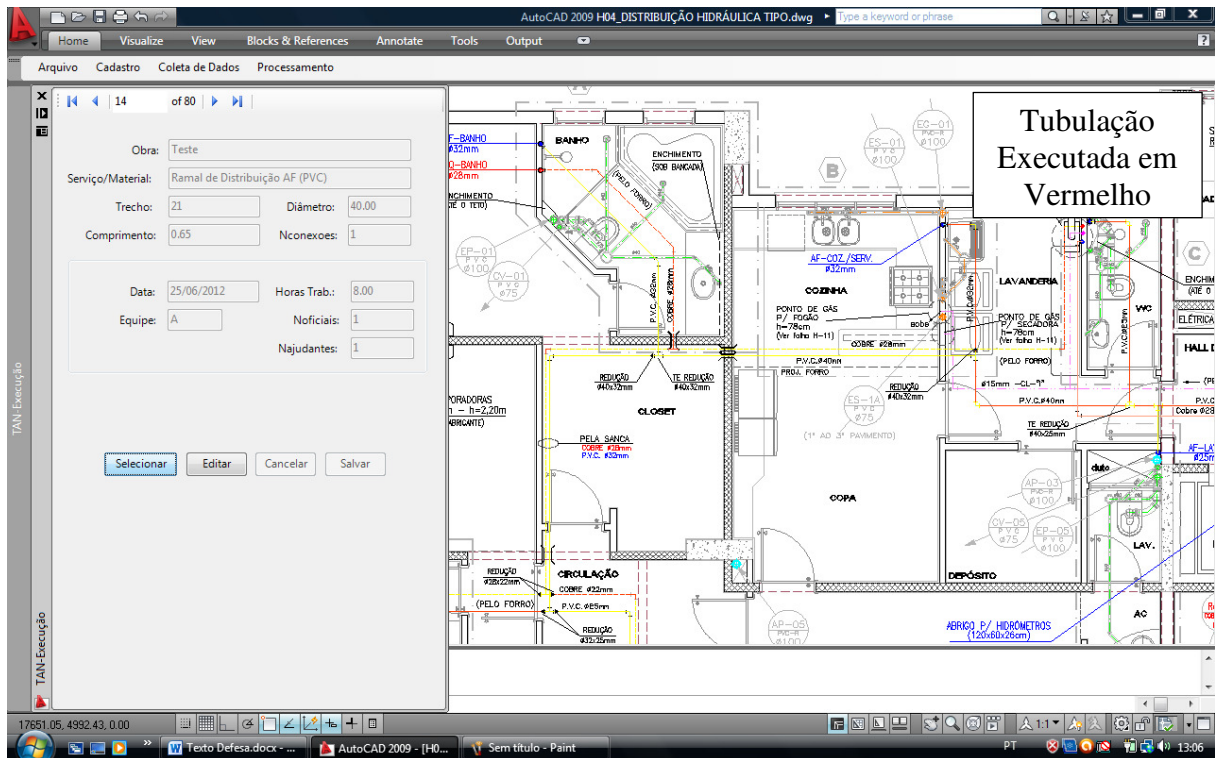
Figura 38 - Tela do programa indicando os trechos de tubulações cadastrados



Fonte: Autor.

Esta mesma rotina foi aplicada ao se realizar a coleta de dados em campo. Ao clicar sobre o trecho executado durante a coleta de dados em campo, este terá sua cor alterada. Desta forma, o usuário terá uma visão geral sobre os trechos já executados nos ambientes, sendo estes discriminados por apartamento e por pavimento. Um exemplo desta rotina é apresentado na Figura 39.

Figura 39 – Tela do programa indicando os trechos de tubulações executados



Fonte: Autor.

5.5.3 Menu Processamento

Após a realização de testes nos menus Cadastro e Coleta de Dados, foram feitos os testes relacionados ao menu Processamento. Para isso, foi necessária a inserção dos dados relativos a um projeto específico de sistemas prediais de um edifício de múltiplos pavimentos. Foram cadastradas todas as tubulações de especificadas no projeto do pavimento-tipo e simulada a coleta de dados relativos à sua execução (quantidades de serviços executadas diariamente, homens utilizados na sua execução e o tempo demandando), de tal forma a se obter, ao final, os respectivos indicadores de produtividade da mão de obra.

Após a inserção de todos os dados, foram realizados os testes descritos no Quadro 8.

Quadro 8 - Rotinas para a validação - Menu Processamento

Testes	Descrição	Procedimento
1	Selecionar os campos do programa e gerar relatório.	Verificar se o relatório foi gerado.
2	Realizar alteração nos campos e gerar relatórios.	Verificar se os relatórios foram gerados.
3	Alterar a data e gerar relatório.	Verificar erros durante a inserção de datas. Se o período for inexistente verificar se o programa emitirá aviso.
4	Realizar a exportação dos dados para o excel.	Verificar no excel se todos os dados gerados no programa (relatório) foram exportados.
5	Gerar relatório com dados de uma obra.	Verificar se os cálculos efetuados pelo programa estão sendo gerados corretamente. Comparação dados gerados com os mesmos dados calculados por planilha eletrônica.

Fonte: Autor.

Na Figura 40 apresenta-se a tela de um relatório gerado com os dados cadastrados.

Figura 40 – Planilha de Cálculo de Produtividade da Mão de Obra

Seq	Data	Oficiais	Ajudantes	EqDireta	HrTrabalhadas	HmHrOficiais	HmHrAjudantes	HmHEqDireta	HmHrCumOficiais	HmHrCumAjudantes	HmHrCumEqDireta
1	16/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	8	8	16
2	17/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	16	16	32
3	18/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	24	24	40
4	19/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	32	32	48
5	20/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	40	40	56
6	21/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	48	48	64
7	22/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	56	56	72
8	23/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	64	64	80
9	24/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	72	72	80
10	25/06/2012	1	1	2	8	8	8	16	80	80	80

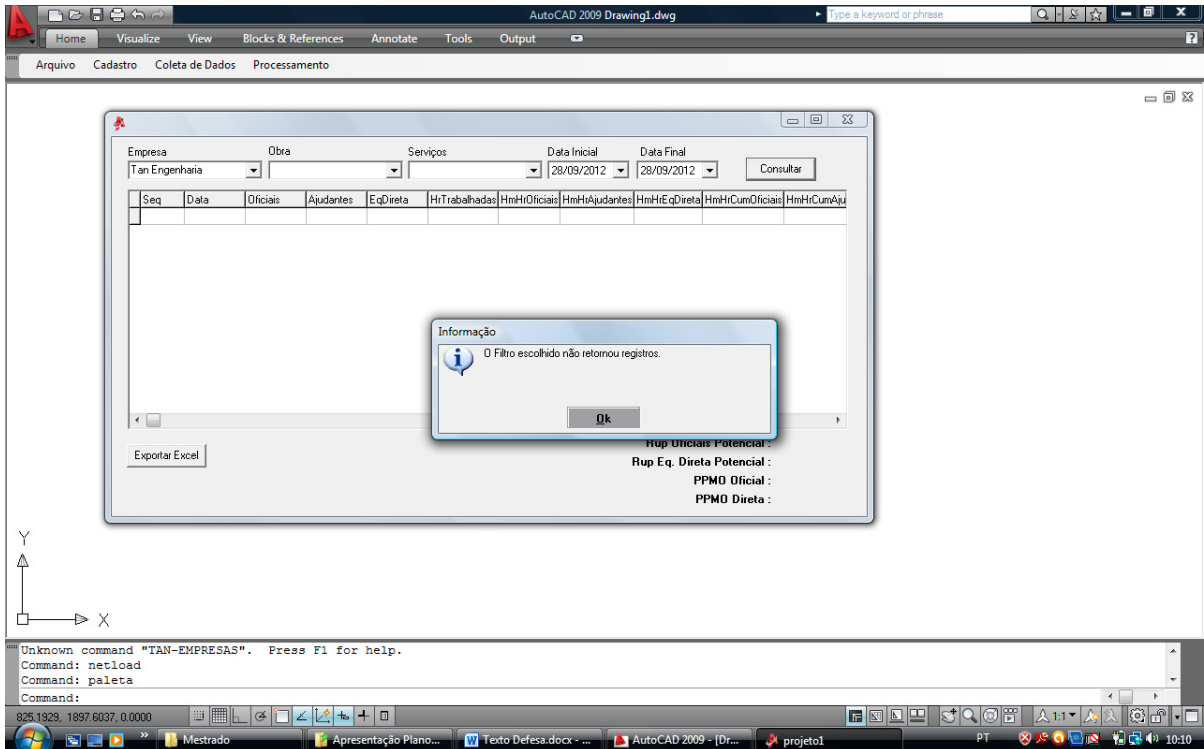
Rup Oficiais Potencial : 0,532
Rup Eq. Direta Potencial : 1,063
PPMO Oficial : 39,409
PPMO Direta : 39,422

Fonte: Autor.

Para a emissão dos relatórios o usuário poderá utilizar diversos filtros (empresa, obra, serviços, período de coleta de dados). No caso de o usuário selecionar um período no

qual não houve coleta de dados, automaticamente será retornada uma mensagem informando ao mesmo que “O Filtro escolhido não retornou registros” (Figura 41).

Figura 41 – Aviso informando que no período selecionado não há registros



Fonte: Autor.

Para a validação dos dados emitidos pelo programa, vários relatórios sobre produtividade da mão de obra de diversos serviços foram gerados. Os resultados obtidos utilizando-se o programa foram comparados com os calculados utilizando-se planilhas eletrônicas do Microsoft Excel ® conforme se verifica no Quadro 9.

Quadro 9 – Indicadores de produtividade: Resultados da planilha de Cálculo Excel®

Seq	Of.	Aj.	HrTrab.	Rup_OfD.	Rup_OfC.	Rup_OfMenor	Rup_DirMenor	Rup_DirDiaria	Rup_DirCum
1	2	1	8	1,584	1,584	0,000	0,000	2,376	2,376
2	2	1	8	3,516	2,184	0,000	0,000	5,275	3,276
3	2	1	8	3,404	2,481	0,000	0,000	5,106	3,721
4	2	1	8	2,105	2,375	2,105	3,158	3,158	3,562
5	2	1	8	5,926	2,698	0,000	0,000	8,889	4,047
6	2	1	8	3,200	2,771	0,000	0,000	4,800	4,156
7	2	1	8	3,721	2,875	0,000	0,000	5,581	4,313
8	2	1	8	2,222	2,774	2,222	3,333	3,333	4,160
9	2	1	8	2,667	2,761	2,667	4,000	4,000	4,142
10	2	1	8	2,759	2,761	2,759	4,138	4,138	4,142
11	2	1	8	3,478	2,814	0,000	0,000	5,217	4,221
12	2	1	8	2,192	2,749	2,192	3,288	3,288	4,123
13	2	1	8	2,581	2,735	2,581	3,871	3,871	4,103
14	2	1	8	3,636	2,784	0,000	0,000	5,455	4,177
15	2	1	8	2,319	2,748	2,319	3,478	3,478	4,121
16	2	1	8	3,810	2,796	0,000	0,000	5,714	4,194
17	2	1	8	2,078	2,741	2,078	3,117	3,117	4,111
18	2	1	8	4,507	2,802	0,000	0,000	6,761	4,202
19	2	1	8	2,759	2,799	2,759	4,138	4,138	4,199
20	2	1	8	4,706	2,857	0,000	0,000	7,059	4,286
21	2	1	8	2,353	2,828	2,353	3,529	3,529	4,242

Rup Oficiais Potencial:	2,336
Rup Eq Direta Potencial:	3,504
PPMO Oficial:	21,085
PPMO Direta:	21,080

Fonte: Autor.

Figura 42 - Indicadores de produtividade: Resultados obtidos pelo programa computacional.

Seq	Data	Oficiais	Ajudantes	EqDireta	HrTrabalhadas	HmHrOficiais	HmHrAjudantes	HmHrEqDireta	HmHrCumOficiais	HmHrCum
1	03/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	16	
2	04/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	32	
3	05/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	48	
4	06/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	64	
5	07/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	80	
6	10/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	96	
7	11/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	112	
8	12/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	128	
9	13/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	144	
10	14/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	160	
11	17/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	176	
12	18/03/2014	2	1	3	8	16	8	24	192	

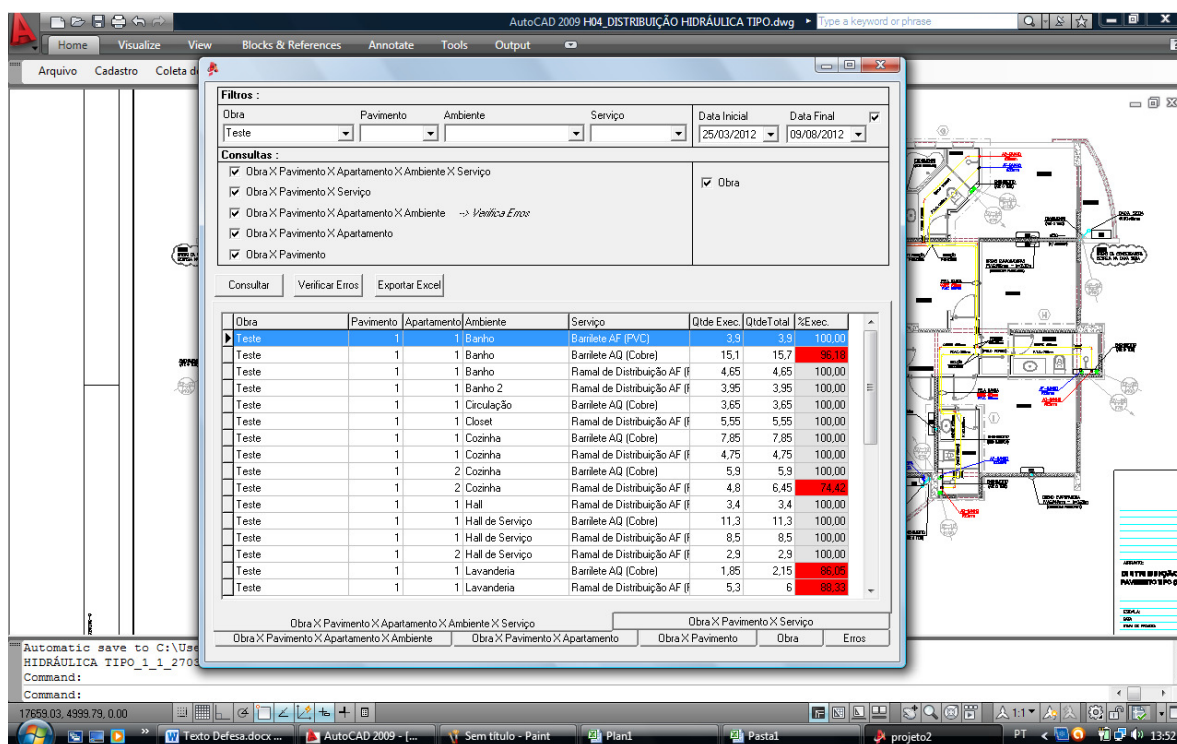
Rup Oficiais Potencial : 2,336
Rup Eq. Direta Potencial : 3,504
PPMO Oficial : 21,085
PPMO Direta : 21,080

Fonte: Autor.

Conforme se verifica no Quadro 9 são apresentados os resultados utilizando-se o Microsoft Excel®, enquanto que os resultados obtidos utilizando-se o programa são apresentados na Figura 42. Observa-se que os resultados são os mesmos, indicando a validação do programa desenvolvido.

Além dos cálculos das RUP's, o usuário poderá acompanhar o percentual dos serviços executados em cada ambiente, apartamento ou pavimento da obra em análise. Assim, terá um panorama geral da quantidade de serviço executada até o momento da última coleta de dados realizada, podendo identificar possíveis ambientes não finalizados ao longo dos pavimentos do edifício. Na Figura 43 ilustra-se o relatório de acompanhamento dos serviços executados.

Figura 43- Relatório percentagem de serviço executado



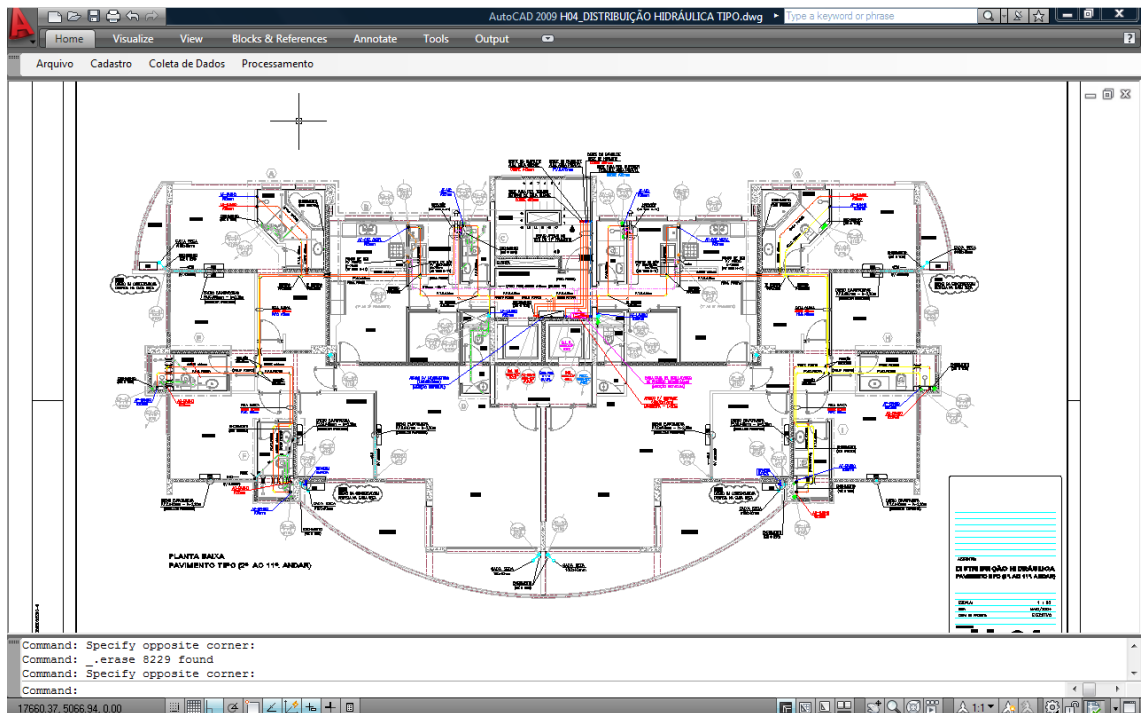
Fonte: Autor.

As células indicadas em vermelho indicam os ambientes e os serviços que ainda estão pendentes.

5.6 Simulação: Avaliação da emissão de relatórios

Para demonstrar melhor a função do programa computacional, foram cadastradas algumas obras testes no banco de dados e simulou-se a coleta de informações referentes à produtividade da mão de obra de maneira diferente para cada obra, conforme ilustrado na Figura 44.

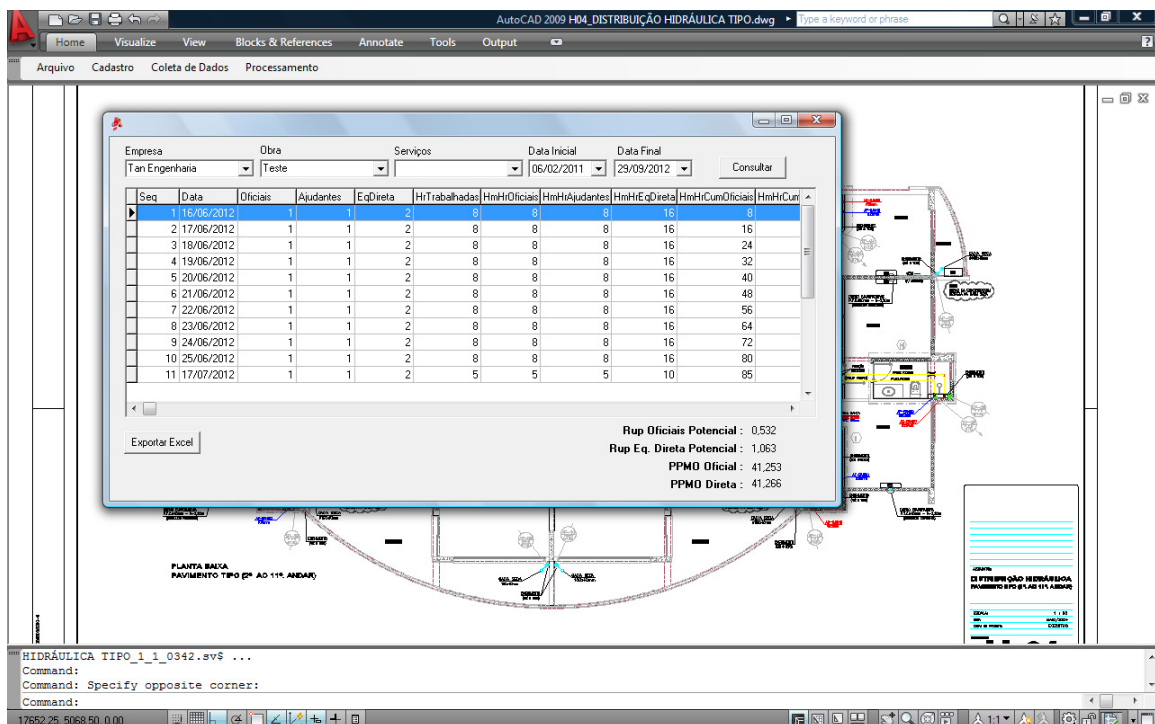
Figura 44 – Projeto padrão cadastrado



Fonte: Autor.

Após a inserção de todos os dados de projeto e a simulação da execução dos serviços, efetuou-se o processamento dos dados iniciando a emissão dos relatórios conforme ilustrado na Figura 45.

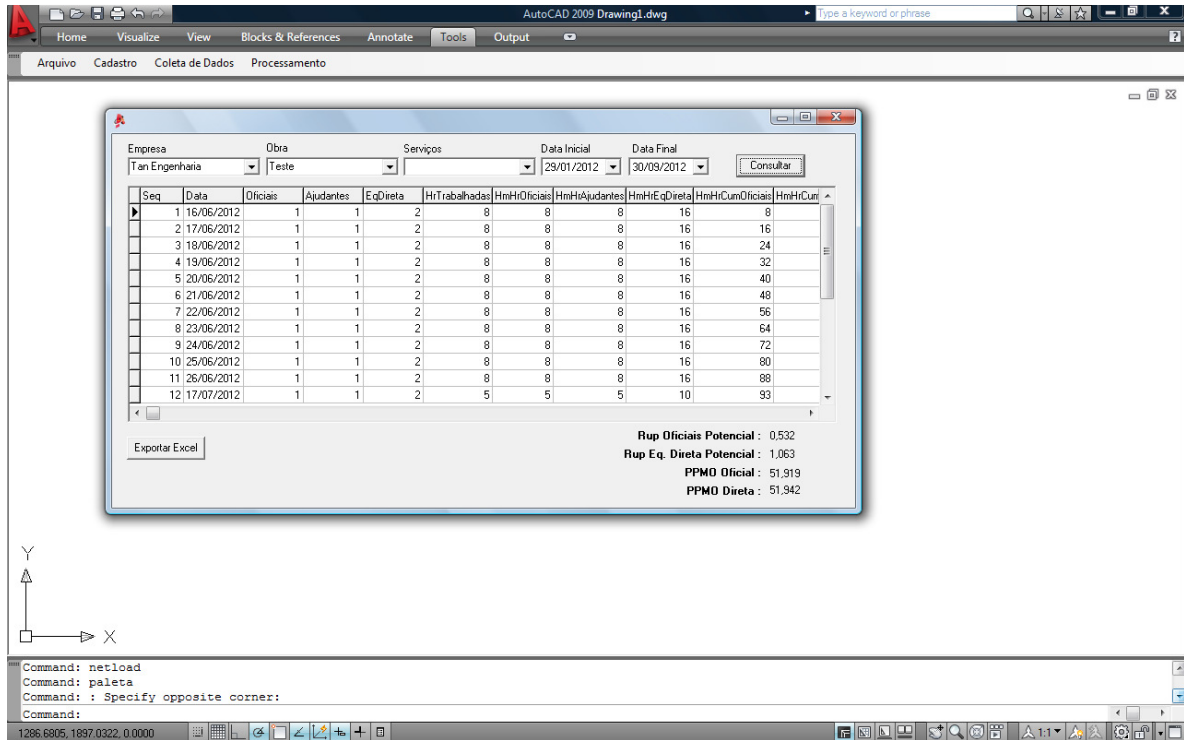
Figura 45 – Resultados da simulação: exemplo de relatório sobre indicadores de produtividade da mão de obra



Fonte: Autor.

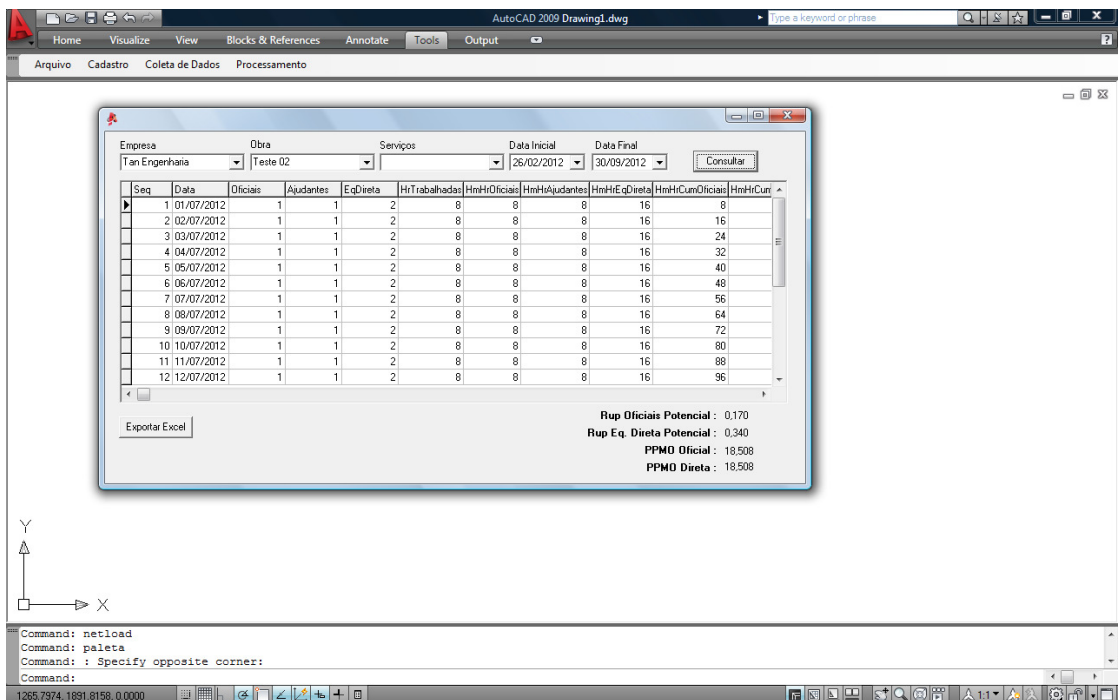
Além deste relatório, o usuário poderá emitir outros escolhendo os filtros disponíveis: empresa, obra e serviço. O usuário também poderá obter informações referentes à produtividade da mão de obra relacionado à cada obra (Figuras 46, 47 e 48) e de todas as obras juntas, conforme se verifica na Figura 49.

Figura 46 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste



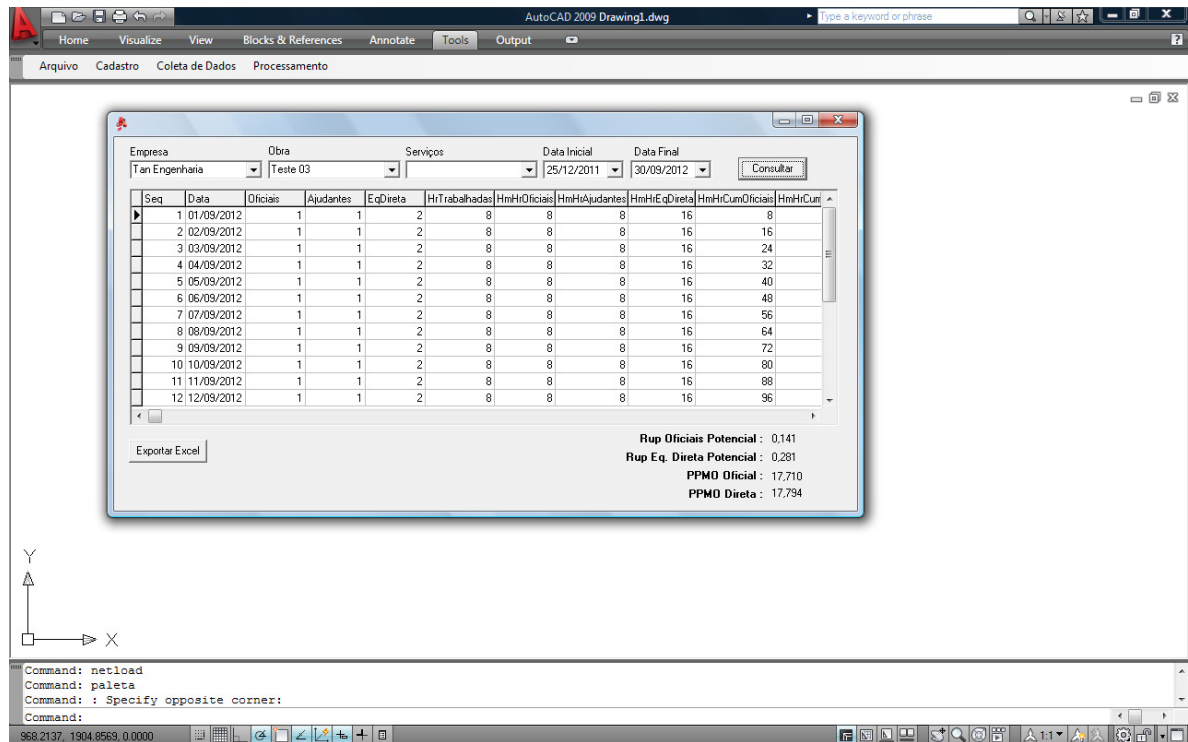
Fonte: Autor.

Figura 47 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste 02



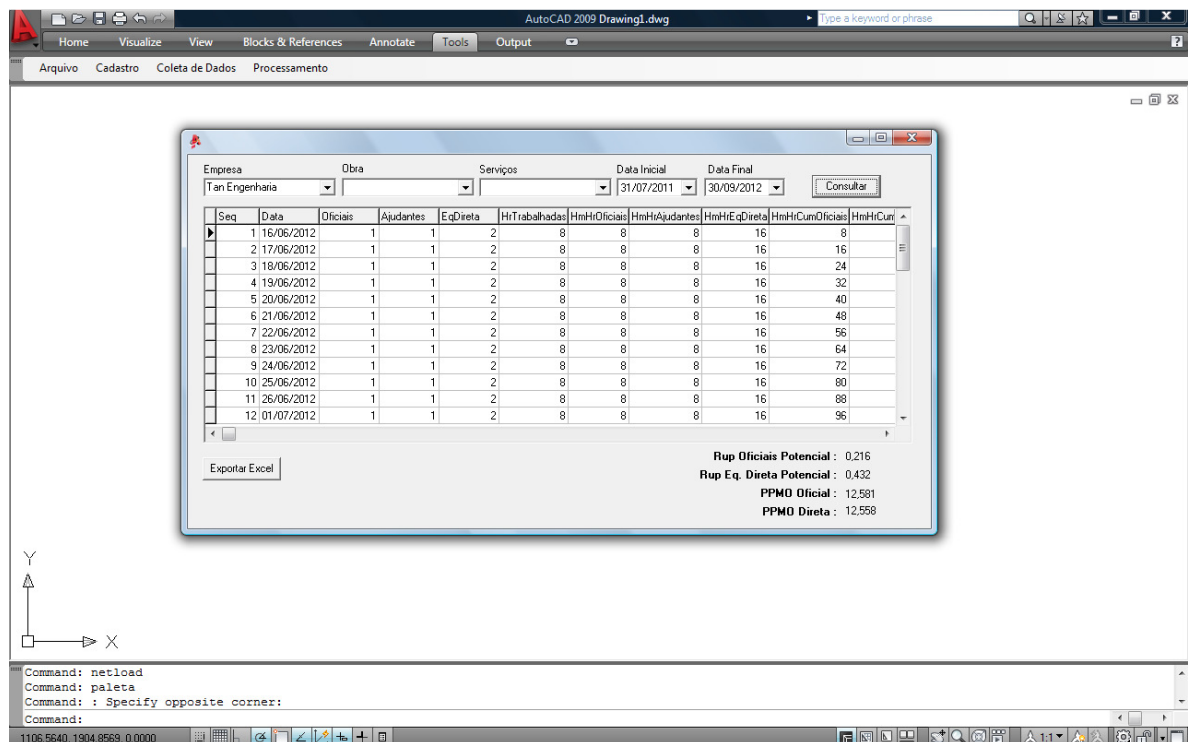
Fonte: Autor.

Figura 48 - Relatório gerado com dados de produtividade obra Teste 03



Fonte: Autor.

Figura 49 - Relatório gerado com dados de produtividade das três obras cadastradas



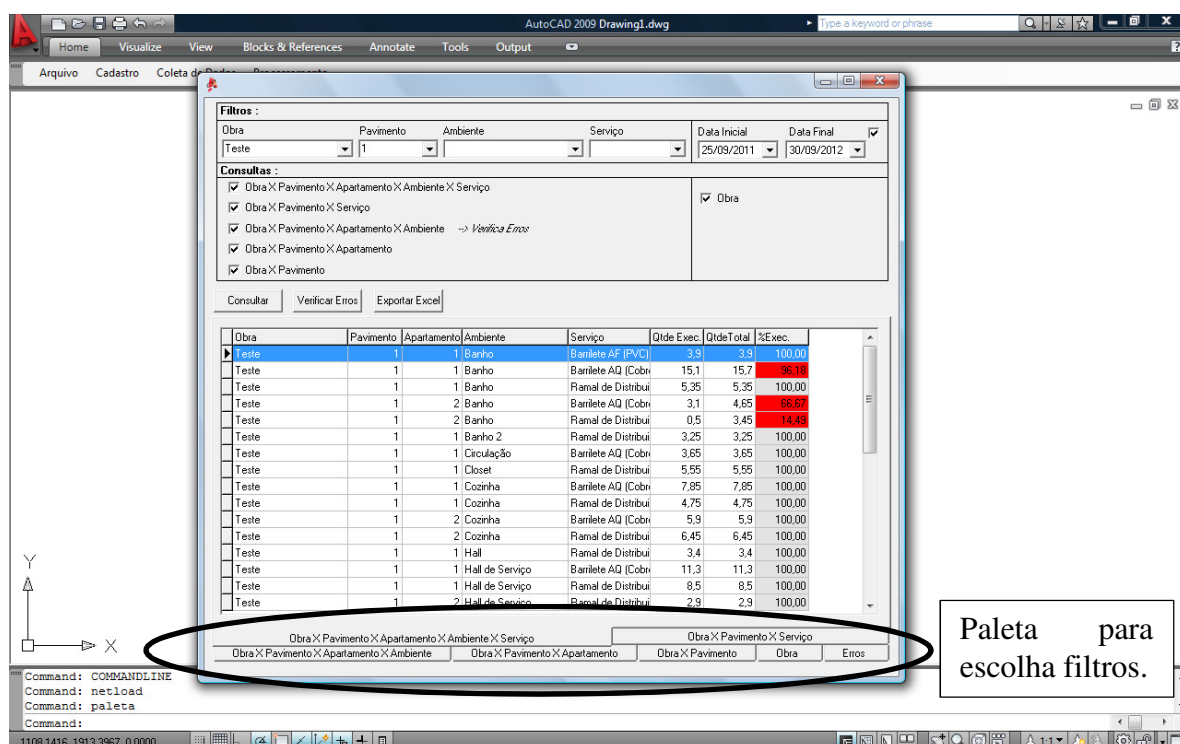
Fonte: Autor.

O gestor poderá verificar a qualquer momento as RUP's e a perda de produtividade da mão de obra do período e filtro selecionado.

Com base nas RUP's, o gestor trabalhará com dados mais representativos da real capacidade de produção de suas equipes e, com isso, alterá-las de forma a melhorar esses padrões. O gestor poderá retirar dados de produtividade RUP's de todas as obras executadas pela empresa, obtendo assim, um parâmetro geral.

Os relatórios gerados pelo programa computacional são de grande importância para o gestor, pois esses dados fornecem subsídios para verificar quais serviços foram executados e os que ainda faltam ser concluídos, conforme ilustrado na Figura 50.

Figura 50 – Relatório de porcentagem de serviço executado



Fonte: Autor.

O usuário poderá selecionar vários filtros, obtendo um panorama geral da porcentagem de execução dos serviços, como por exemplo, na Figura 50, o serviço localizado no banho do 1º pavimento, 1º apartamento, "Barrilete AF (PVC)" selecionado em azul, foi 100% executado.

Poderá também realizar um comparativo de dados entre diversas obras, e obter parâmetros melhores para serem incorporados nos orçamentos das obras e no dimensionamento das equipes.

5.7 Considerações finais acerca do capítulo

Com a inserção de projetos testes e a realização de uma avaliação geral da ferramenta computacional desenvolvida, pode verificar que os resultados obtidos foram

consistentes, validando o funcionamento do programa computacional. A utilização deste programa proporcionará grandes benefícios às empresas, além de agilizar as coletas e padronizá-las e, com isso, trabalhar com dados de produtividade mais próximos da realidade da empresa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos sobre produtividade da mão de obra estão amplamente difundidos no meio técnico. Vários trabalhos já foram desenvolvidos para diversos serviços da construção civil; no entanto, acredita-se que para a implantação de um sistema de gestão da produtividade na execução dos serviços é de grande importância a utilização de uma ferramenta computacional (programa) que agilize e facilite o trabalho dos gestores, pois a obtenção de respostas rápidas faz com que os mesmos possam interferir imediatamente no desempenho da mão de obra.

Várias foram as dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho, dentre elas podem-se destacar a pequena quantidade de artigos e teses acerca de produtividade dos SPHSGC e poucos trabalhos sobre programas computacionais desenvolvidos especificamente para estes sistemas.

A criação de uma ferramenta computacional que una o projeto com dados referentes à execução e acompanhamento da obra, se mostrou de grande importância para a retirada de informações de produtividade de uma maneira mais eficaz e uniforme, o que faz com que o gestor da obra obtenha rapidamente informações relevantes para a alteração de equipes ou para um melhor dimensionamento das mesmas, além de verificar de uma maneira mais ágil o andamento da obra e a quantidade de serviço executada de acordo com sua necessidade.

Podem ser citadas algumas vantagens com a utilização do programa computacional, como:

- Utilização do projeto desenvolvido em CAD;
- Facilidade e agilidade na coleta;
- Respostas rápidas a respeito da produtividade da mão de obra;
- Possibilidade de intervenção no sentido de corrigir eventuais falhas existentes;
- Criação de um banco de dados com produtividades de diversas obras da empresa;
- Dados ligados à interface gráfica;
- Acompanhamento da obra.

O desafio desse trabalho foi à integração do banco de dados com a interface gráfica do CAD no sentido de agilizar a coleta de dados nos canteiros de obras.

Diante de todos os testes realizados e validados, pode-se concluir que o programa computacional desenvolvido está apto para ser aplicado em casos reais, e com isso

contribuir para que as empresas possam utilizar dados de produtividade mais condizentes com suas realidades.

Com o objetivo de ampliar o estudo, alguns temas podem ser sugeridos para pesquisas futuras:

- desenvolvimento da ampliação do programa computacional para a avaliação da produtividade para os SPHSGC para outros sistemas como, por exemplo: alvenaria de vedação, alvenaria estrutural, pré-fabricados, estruturas, etc;
- união do programa computacional desenvolvido com o planejamento da obra, de forma a se verificar atrasos e redimensionar equipes a fim de saná-los;
- criação de uma ferramenta computacional que possa trabalhar com dispositivos eletrônicos menores como, por exemplo, tablet e netbook;
- realizar a validação do programa computacional em uma obra real;
- associar a ferramenta desenvolvida com o planejamento da obra;
- Inserir animação 3D no programa para melhorar a visualização das tubulações.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Instalação de aparelhos a gás p/ uso residencial - Requisitos** - NBR 13103. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Instalações prediais de águas pluviais** - NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **Projeto e execução de instalações prediais de água quente**; procedimentos - NBR 7198. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio** - NBR 13714. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Sistemas prediais de esgoto sanitário**: projeto e execução; procedimentos - NBR 8160. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **Tubo de cobre médio e pesado, sem costura p/ condução de água** - NBR 7542. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **Tubo extra leve de cobre, sem costura p/ condução de água e outros fluidos** - NBR 7417. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **Tubos e conexões de PVC-U c/ junta soldável p/ sistemas prediais de água fria - Requisitos** - NBR 5648. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Tubos e conexões de PVC-U p/ sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Requisitos** - NBR 5688. Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, F. M de; JÜNGLES, A. E.; PANZETER A. A. **Estudo da evolução da produtividade no canteiro de obras sob a ótica do efeito aprendizado**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1998. p. 291- 98.

ALVES, Patrícia M. C. Relacionamento cliente/fornecedor na indústria da *Construção Civil*: novas tendências voltadas para um contexto de qualidade e produtividade. **Anais do Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções para o Terceiro Milênio**, EPUSP, 1998, Pg 533 - 540.

ANDRADE, ARTEMÁRIA COELHO DE. **Método para quantificação das perdas de materiais em obras de Construção de edifícios: superestrutura e alvenaria**. Dissertação de Mestrado-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de *Construção Civil*. São Paulo, 1999.

ANDRESEN, J. E OUTROS. **A Framework for measuring IT innovation benefits**. Itcon – Electronic Journal of Information Technology in Construction, v.5, 2000. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2000/4/paper.pdf>>. Acesso em: 09 janeiro. 2011.

ARAÚJO JR, N.S. **Bancos de dados: passado, presente e futuro**. *Developers' Cio Magazine* , n. 47, p. 12-14, jul. 2000.

ARAUJO, C.L. **Gestão de Pessoas: Estratégia e integração Organizacional**. São Paulo: Atlas, 2006.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Fatores que influenciam a produtividade da alvenaria: detecção e quantificação.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Salvador. **Anais.** 2000.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, L.O.C., SOUZA, U. E. L. **Método para dimensionamento de equipe de carpinteiros para o serviço de formas.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2º, Fortaleza, 2001. Artigo Técnico. Bristol, 2001, 15 p.

ARO, C. R. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais hidráulico e sanitários.** São Paulo, UFSCar, 2005, 144p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria; procedimentos - NBR 5626.** Rio de Janeiro, 1998.

AutoDesk, **ActiveX and VBA Developers' Guide 2000**, 1 ed.USA: *AutoDesk*, Inc., Mar.1999, p. 1-432.

AutoDesk, **ActiveX and VBA Developers' Guide 2004**, 1 ed.USA: *AutoDesk*, Inc., Feb.2003, p. 1-368.

AutoDesk, **AutoCad 2007 Users' Guide**, 1 ed.USA: *AutoDesk*, Inc., Feb.2006, p. 1-1236.

AutoDesk, Site oficial da *AutoDesk*, Inc., Disponível em: <http://www.AutoDesk.com.br> Acesso em 01/01/2010.

BENEDICTO, SÉRGIO M. O. **Desempenho de sistema predial de água quente.** São Carlos–SP. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2009. 186 páginas. Dissertação (Mestrado).

BFC (Building Futures Council). **Measuring productivity and evaluating innovation in the U.S. construction industry**, Building Futures Council, Alexandria, 2006, Va.

BRANDLI, L. L. **Subsídios para avaliação do custo da mão de obra na Construção Civil.** 2001. 18 p. (Notas de aula) – Curso de Engenharia Civil, UNIJUÍ, Ijuí (RS).

BRITO, S. G. **Medidas Completas de Eficiência Técnica.** Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2003.

BUREAU OF LABOR STATISTICS. **U. S. Department of Labor.**: Disponível em: <<http://stats.bls.gov/bls/glossary.htm>> Acesso em: 10 jan. 2011.

CARRARO, F. **Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria.** São Paulo, dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo, 1998. 226p.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura.** Roberto de Carvalho Júnior. 1ª edição – São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2007, 223 p.

CREDER, H. (1995). **Instalações hidráulicas e sanitárias.** Livros Técnicos e Científicos Editora, 5ª Edição.

DECRETO ESTADUAL 56.819 – **Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo**, 2011. Disponível em [http:// www.corpodebombeiros.sp.gov.br/?page_id=356](http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/?page_id=356)

FERNANDES, V. M. C. **Influência do Uso de Dispositivos de Admissão de Ar no Comportamento Hidráulico-Pneumático dos Sistemas Prediais de Coleta de Esgotos Sanitários de Edifícios Residenciais**. PCC -EPEUSP, São Paulo, 1993.

FILGUEIRAS, E.Q. Híbridos: **ORDBMS são alternativas viáveis para OODBMS? Developers' Cio Magazine**, n. 47, p. 16-18, jul. 2000.

FINKELSTEIN, E., **AutoCad 2005 and AutoCad 2005 LT Bible**, 1 ed. USA: Wiley Publishing, Inc., 2004, p.1-1251.

FINKELSTEIN, E., **AutoCad 2008 and AutoCad 2008 LT Bible**, 1 ed. USA: Wiley Publishing, Inc., 2007, p.1-1124.

GHISI, E. **Instalações prediais de água fria**. Florianópolis, Março de 2004, Texto Técnico Disciplina UFSC / Depto de Engenharia Civil / ECV5317 – Instalações I - Universidade Federal de Santa Catarina.

GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos**. Técnica, Editora PINI, v., n12, p.30-34. Set./Out., 1994.

GONÇALVES, O. M.. **Notas de aula da disciplina PCC-2465 SISTEMAS PREDIAIS I**. Disponível em: <http://pcc2465.pcc.usp.br/materiais_notas%20de%20aula.htm>, 2007, Acesso em: 25 mar. 2011.

GONÇALVES, O.M. **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais**. (organização Racine Tadeu Araújo Prado). São Paulo: PINI, 2000.

GONÇALVES, O.M. **Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos**. In: SEMINÁRIO PROMOVIDO PELA ANTAC - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 1993. **Anais**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GRAÇA, M.E.A.; GONÇALVES, O.M. Desempenho de sistemas sanitários prediais: conceitos fundamentais. **Revista Engenharia Mackenzie**, v. 70, n. 177, p.7-13, jan./fev. 1986.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HEINECK, L. F. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento de produtividade nas alvenarias. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE *CONSTRUÇÃO CIVIL*, 3., 1991, Florianópolis, **Anais...** Santa Catarina: UFSC, 1991. p. 67-75.

ILHA, M. S. O. **Qualidade dos sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo, 1993. 50p. Texto Técnico TT/PCC/07 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JENNINGS, J. **Menos é mais – os segredos da produtividade: o que as empresas vencedoras fazem de diferente**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

KERRY, H. T. (1997). **Planejamento de processo automático para peças paramétricas**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

LOBATO, M. B. **Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método electre III**. Curitiba, 2005, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Construção Civil, 283 págs.

LORDSLEEM JR., A. C.; SOUZA, E. L. **Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria de vedação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1.,1999, Recife. **Anais...** Pernambuco: UFPe, 1999. P. 357-67.

MAEDA, F.M., SOUZA, E.L. **Produtividade da Mão de Obra e Materiais na Execução de Revestimento em Pasta de Gesso Aplicado sobre Paredes Internas de Edificações**, Salvador, Bahia, São Paulo, 2000, v1 p611-618 In: ENTAC, 8, Salvador, 2000, Artigo Técnico.

MARDER, T. S.. **A produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria no Município de Ijuí**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Tecnologia da UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio grande do Sul, 73pgs., Rio grande do Sul, 2001.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MASINI, H. **Avaliação do uso de válvulas de admissão de ar em substituição ao sistema de ventilação convencional em sistemas prediais de esgotos sanitários**. São Paulo, EPUSP, 1999. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 12p..

MCFARLAN, W.E. **Information Technology Changes The Way You Compete**. Harvard Business Review, v.62, n.3, p.98-103, May/June 1984.

MORETTO, A. A. F.; LUZ, M. L. S.; VIEIRA, J. K. **O aumento da produtividade na Construção Civil**. VI Encontro Tecnológico Da Engenharia Civil E Arquitetura (Enteca), 2007, 9p..

NASCIMENTO, L. A.; LAURINDO, F. J. B.; SANTOS, E. T.. **A eficácia da ti na indústria da construção civil** III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção III **SIBRAGEC** UFSCar, São Carlos, SP - 16 a 19 de setembro de 2003.

NEVES et al. **Aprendizagem na implantação do PCP**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, out.2002. ENEGEP 2002 ABEPRO 1. **Anais**.

PALIARI, J.C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. 661f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PERRY, G. **Aprenda em 24 horas Visual Basic**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 439p.

PEX DO BRASIL. (Brasil). **Catálogo PEX**. Disponível em: <<http://www.pexdobrasil.com>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

PÓVOAS, Y. V.; SOUZA, E. L.; JOHN, V. M. **Produtividade no assentamento de revestimentos cerâmicos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1.,1999, Recife. **Anais...** Pernambuco: UFPe, 1999. P. 481-89.

REEVE, D.E. **Apostila on line**. University of Salford. Disponível em: <<http://www.els.salford.ac.uk/geog/staff/nmt/fungis/hsd/hsd5.htm>>. Acesso em: Dezembro 2010.

Rojas, E.; Aramvareekul, P. **Is Construction Labor Productivity Really Declining?** Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 2003, pages 41-46.

RUMBAUGH, J.; e outros. **Modelagem e projetos baseados em objetos**. 8. ed., Rio de Janeiro: Campus, 1994.

SANTOS, A. M. R.; BARBOSA, J. A.; MAGGI, P. L. O. **Medida de produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria com blocos cerâmicos para aplicação em planejamento pelo método das linhas de balanço**. Curitiba, PR, 2006, 2p., XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE 2006.

SANTOS, L. A. dos. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil** – São Paulo, 2003 - Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SCARDOELLI, Liziane, SILVA, Maria de Fátima, FORMOSO, Carlos T., HEINECK, Luis F. **Melhorias de Qualidade e Produtividade: Iniciativas das empresas de Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1994.

SILVA, R. **Banco de dados geográficos: Uma análise das arquiteturas dual (Spring) e integrada (Oracle spatial)**. Dissertação apresentada á Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pgs 137, 2002.

SONG, L.; ABOURIZK, S. M.. **Measuring and Modeling Labor Productivity Using Historical Data**, Journal of Construction Engineering and Management, 2008, p. 308–316.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na Construção Civil**. Pini, São Paulo, 2006.

SOUZA, U. E. L. **Método para o estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para a estrutura de concreto armado**. 1996. 280 p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP).

SOUZA, U. E. L.; ARAÚJO, L. O. C., **Avaliação da gestão de serviços de Construção**, Departamento de *Construção Civil* da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de Construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.4, n. 4, p 33 – 46. Out./Dez. 2004.

SOUZA, U.E.L. **Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRuíDO, 8., Salvador/BA, 2000. **Anais**. Niterói, UFF, 2000.

SOUZA, U.E.L. **Método para a previsão da produtividade da mão de obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e**

revestimentos cerâmicos. São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, U.E.L., THOMAS, H.R. (1996) **The use of conversion factors for the analysis of concrete formwork labor productivity. Managing the construction project and managing risk CIB W-65.** The organization and management of construction: shaping theory and practice 8th International Symposium, E. & F.N. Spon, London, pp.14-26.

TAKAI, O. K.; ITALIANO, I. C.; FERREIRA, J. E. **Introdução a Banco de Dados.** São Paulo, DCC-IME-USP, 2005, 124 págs.

TAMAKI, H. O. **A medição setorizada como instrumentos de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo.** São Paulo, EPUSP, 2004. 28 p. – Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil ; BT/PCC/357.

THOMAS, H. R. Scheduled acceleration, work flow, and labor productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.126, n.4, p.261-7, 2000.

THOMAS, H. R.; YAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.113, n.4, p.623-39, 1987.

THOMAS, H. R.; ZAVRSKI, I. **Theoretical Model for International Benchmarking of Labor Productivity.** Pennsylvania State University, Pennsylvania Transportation Institute, Final Report, 198p., 1999.

UNEP. **Building and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities.** United Nations Environment Programme, 2007. Disponível em: <<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DT1x0916xPA-BuildingsClimate.pdf>>. Acesso em: 24 março 2011.