Faculdades Integradas de Taquara - Faccat
Av. Oscar Martins Rangel, 4.500
Taquara, RS, CEP 95600-000

Curso de Sistemas de Informação

A APLICAÇÃO DO ALGORITMO HEURÍSTICO BIDIMENSIONAL NO CORTE RACIONAL DE CHAPAS DE MADEIRA, NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Vinicius Bischoff
Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
ni@faccat.br

Flavia Pereira de Carvalho
Professora Orientadora
Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
fpereira@faccat.br

Resumo
Na construção civil, alguns dos problemas a serem enfrentados são os desperdícios com perdas de materiais e o tempo ocioso que ocorre em alguns momentos com os funcionários, por isto surgiu a idéia de desenvolver uma solução que possibilite minimizar um destes problemas e sintetizar os processos da construção. Identificado o problema de Corte de Estoque Bidimensional, aplicado na fabricação de fôrmas de estrutura de concreto armado, este estudo possibilita a oportunidade de acompanhar e observar as práticas adotadas no canteiro de obras. O problema consiste em determinar a melhor forma de se obter uma quantidade de peças retangulares em arranjos de placas retangulares, a fim de racionalizar o corte das chapas de compensado. As pesquisas e os estudos realizados demonstram que a estratégia do sistema desenvolvido pode atingir resultados favoráveis.

Palavras-chave: corte bidimensional, otimização, fôrma de concreto armado, sistemas web.

THE APPLICATION HEURISTIC ALGORITHM TWO-DIMENSIONALRATIONAL CUTTING PLATES OF WOOD, IN CIVIL CONSTRUCTION

Abstract

In civil construction one of the problems to be faced and the waste with losses of materials and time. We have sought to develop a solution that allows minimize one of these problems and synthesize the processes of construction. The proposal identified the cutting stock problem Two-dimensional, applied in the construction of the forms of armed concrete, this study allowed the opportunity to follow one of the works and observe the practices adopted at the jobsite.The problem is to determine the best way to obtain a quantity of rectangular pieces in rectangular plates minors, the computational study conducted showed that the proposed strategy has obtained favorable results.

Key-words: *cutting two-dimensional, optimization, web.*

1. Introdução

A construção civil sofreu diversas mudanças ao longo dos anos e tem evoluído muito na última década. Ao mesmo tempo, as tarefas desenvolvidas pelos trabalhadores da construção civil, pouco tem melhorado da atividade puramente manual (SINDUSCON-RS, 2011).

Os escritórios contam com modernos equipamentos eletrônicos e tecnológicos, mas os canteiros de obras, principalmente nas construções de médio e pequeno porte, continuam com técnicas primárias (MOSSMANN, 2011). Frente a essa observação, tendo como objetivo auxiliar na evolução do trabalho humano, este trabalho apresenta uma ferramenta computacional que visa minimizar o trabalho manual, aumentar a agilidade, a confiança, à economia e a saúde ao trabalhador da construção civil.

O trabalho proposto consiste na pesquisa e desenvolvimento de um sistema de informação baseado na web, que possibilite a racionalização de corte em chapas de madeira para uso de fôrmas utilizadas para lançamento de concreto para a construção civil. Objetiva identificar a melhor solução para compor o arranjo de um conjunto de peças de dimensões menores, que necessita ser projetado em uma chapa com dimensões maiores.

O processo visa estabelecer benefícios diretos na economia de materiais e indiretamente aos trabalhadores da construção civil, como também melhorias ambientais, devido à redução de resíduos produzidos pela otimização do corte. Além da possibilidade de se obter um resultado econômico e sustentável no processo.

A aplicação do algoritmo heurístico bidimensional no campo da transformação das informações, com o propósito de obter maximização em respostas rápidas e ao mesmo tempo eficazes, se mostra possível ao problema deste estudo.

O artigo apresenta a seguinte estrutura: a seção 2 demonstra o referencial teórico, a seção 3 o desenvolvimento da aplicação, a seção 4 os resultados obtidos e a seção 5 as conclusões do estudo.

2. Referencial Teórico

2.1 A Madeira na Construção Civil

A importância do abastecimento de madeiras de reflorestamento é evidenciada pelo consumo de madeira pela construção civil, que chega a aproximadamente 4,6 milhões de metros cúbicos (REMADE, 2011). O setor florestal tem na construção civil o principal mercado para seus produtos, no entanto esta participação está concentrada nos produtos de acabamento, esquadrias, molduras, pisos e estruturas de telhado.

A madeira na construção civil é aplicada de três maneiras: através de acabamentos, fôrmas de concreto e estruturalmente (ABIMCI 2012).

Em estruturas de telhados, são utilizadas peças de madeira serrada, na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas. O uso também se dá de forma temporária como em andaimes, escoramentos e fôrmas para concreto.

A limitação da dimensão da madeira natural, impondo uma restrição à montagem de painéis de fôrma, veio provocar a introdução das chapas de madeira compensada, pois é possível trabalhar com elementos de grandes dimensões e que podem alcançar altos valores de resistência se comparados à da madeira natural (MARANHÃO, 2000).

Segundo Mossmann (2011), dois grandes impactos ambientais podem ser relacionados como o uso da madeira na construção civil. Em primeiro lugar, o alto consumo de recurso natural, pois ainda que a madeira seja um recurso renovável, geralmente as florestas não são corretamente manejadas, o que impossibilita a sustentabilidade deste eco sistema e, em segundo lugar, a alta quantidade de geração de resíduos, que causa impacto como a redução da biodiversidade e a contaminação de solo.

2.2 Painéis de Madeira

Conforme Bauer (1994), as madeiras incorporam um conjunto de características técnicas, econômicas e estéticas dificilmente encontradas em outros materiais e apresentam uma excelente relação resistência/peso.

Com os avanços tecnológicos ocorridos na indústria de madeiras do Brasil, é possível nos dias de hoje, encontrar uma vasta variedade de painéis de madeira para os mais diversos fins. Os painéis em madeira, comumente no Brasil, são distribuídos em dois grandes grupos denominados sólidos e reconstituídos, conforme representado na Figura 1.

Sólidos	Reconstituídos
Compensados	Aglomerado
	MDF
	OSB
	Chapa de Fibra

FIGURA 1 – Principais tipos de painéis
Fonte: ABIMC (2012)

A indústria de compensados foi instalada inicialmente no sul do país na década de 40, utilizando a madeira de araucária como matéria-prima. No entanto, somente na década de 70 atingiu níveis significativos de produção, passando a utilizar em escalas maiores as madeiras de folhosas. Atualmente, estima-se que 60% do compensando brasileiro seja produzido com madeiras de

folhosas, enquanto que os outros 40% seja produzido com madeiras de floresta plantada, principalmente pinus (ABIMC, 2012).

2.3 Fôrmas de Concreto

Atualmente, as fôrmas de madeira, na construção civil são as mais utilizadas dentre os materiais que podem compor um sistema de fôrmas, sendo estas normalmente compostas de painéis de madeira compensada, multilaminada, cuja colagem é a prova d´água, conforme representado na Figura 2.

FIGURA 2 – Fôrma de Concreto Armado
Fonte: autor (2012)

Para a execução das fôrmas, o emprego de madeira é generalizado, sendo este o material principal utilizado na fabricação de moldes para concreto, embora alguns tipos de fôrma empreguem outros tipos de materiais, como as metálicas, entre outros. As fôrmas são destinadas a sustentar o concreto fresco até que o mesmo atinja condições de auto suporte, sendo estes também responsáveis pela garantia das dimensões desejadas da estrutura de concreto, bem como pela textura de acabamento final das superfícies (BARROS e MELHADO, 2006 *apud* MOSSMANN, 2011).

2.3.1 Execuções de Fôrmas para Estrutura de Concreto Armado

A execução de uma estrutura de concreto armado no local segue um esquema básico de produção, sendo a madeira a fôrma para o concreto. A Figura 3 disponibiliza as informações para a fabricação das fôrmas (painéis, estrutura e escoramento), corte das armaduras e preparo do concreto. A Figura 3 define também que, num segundo momento, é realizada a concretagem das peças, que inclui o lançamento do concreto fresco na fôrma (que já contem a armadura), o adensamento e a cura do concreto. A seguir é realizada a desfôrma, resultando nos elementos estruturais (peças concretadas) e em resíduos de fôrmas e escoras, que dependendo de seu estado, podem ser reutilizadas para a confecção de novas fôrmas ou para outros usos.

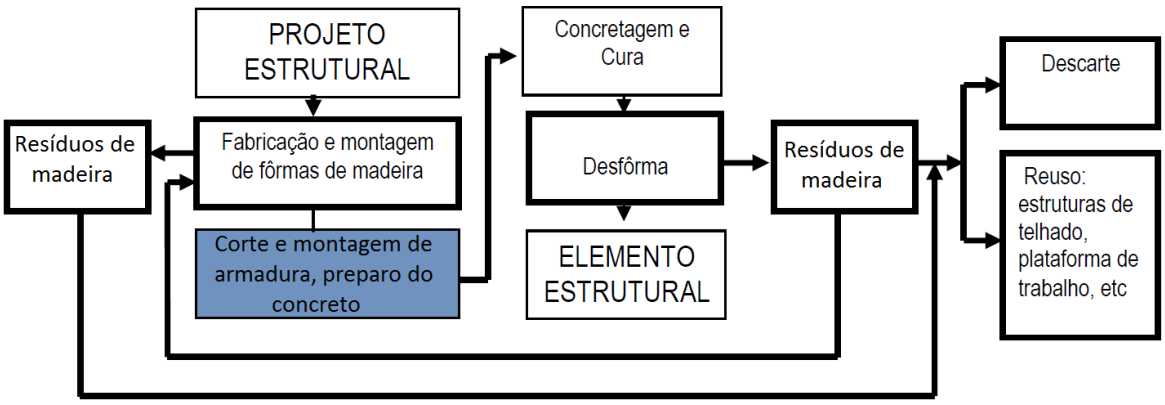

FIGURA 3 – Esquema de produção de estrutura de concreto armado moldado no local
Fonte: Mossmann (2011)

A estrutura de concreto armado representa aproximadamente 20% do custo total de uma obra e o custo das fôrmas equivale aproximadamente 50% do custo total de estrutura de concreto armado. Em termos de emprego de mão de obra para a fabricação de uma estrutura de concreto armado, em média 60% representa o total de horas para fabricar e montar as fôrmas, 25% para a montagem da armadura e os restantes 15% para a concretagem (MARANHÃO, 2000).

Nazar (2007) apresenta um estudo dos custos dos diversos componentes de uma estrutura: aço, concreto, fôrmas e a mão de obra, conforme demonstrado na Figura 4. Assim, evidencia-se a importância econômica das fôrmas no custo geral de uma estrutura e sua incidência, já diluída quando o número de repetições é aumentado.

Descrição	Pavimento tipo(%)
Fôrma compensada	10,52
Concreto	26
Aço	43,9
Mão de Obra de montagem fôrma	17,27
Lançamento do concreto	2,31

FIGURA 4 – Composição dos custos de estrutura de concreto armado
Fonte: Nazar (2007)

Cabe salientar que não existe um projeto detalhado para os cortes dos painéis aplicado a construção civil, sendo esta atividade gerenciada no canteiro de obras pelos carpinteiros e encarregados, os quais sofrem ausência de procedimentos operacionais tendo em suas experiências a melhor forma de obter um resultado favorável.

É possível constatar que os custos (material e mão de obra) que envolvem a confecção das fôrmas de estrutura de madeira, para acomodação de concreto armado, são significativos, e por isto justifica-se a importância em buscar melhorias operacionais e econômicas para o problema apontado neste estudo.

2.4 Classificações dos Problemas

A fabricação de peças mediante o corte de objetos maiores aparece com freqüência em vários contextos industriais, como na produção de papel, tecido, móveis, vidros, chapas de aço, entre outros. Estes problemas possuem características distintas, por exemplo, o número de dimensões relevantes no corte ou tipo e frequência de cortes permitidos, mas apresentam uma estrutura semelhante, dados básicos para estes problemas. Conjunto de unidades disponíveis em estoque e o conjunto de peças a serem produzidas, o qual segue o seguinte critério: (i) maximizar o numero de peças produzidas; (ii) minimizar a perda de material e (iii) minimizar os custos do material utilizado (DAL BIANCO e SILVA, 2009).

Com base nos dados encontrados na literatura e a grande quantidade de artigos publicados sobre o assunto, observa-se que os diferentes problemas apresentam a mesma estrutura lógica com o problema em estudo: (i) Empacotamento de faixas (*strip packing*), problema da mochila (*Knapsack problem*); (ii) Carregamento de containeres (*container loading*), carregamento de palites (*pallets loading*) e (iii) Corte de Estoque (*cutting stock*), corte tridimensional *(trimloss problem,)* corte bidimensional *(bin packingproblem).*

2.4.1 Planos de Corte

O plano de corte consiste em identificar o melhor arranjo de um conjunto de peças de dimensões diversas, que necessita ser projetado em uma chapa com dimensões maiores. É considerado ótimo aquele que produz, por exemplo, a menor perda. Vale salientar que, dificilmente é obtido um plano de corte que utilize todo o objeto (GÓMEZ e MULLER, 2007).

Conforme Dasgupta, Papadimitriou e Vazirani (2009), o problema de análise combinatória, é de difícil resolução computacional. Devido às possíveis soluções, é enquadrado na classe dos NP - Difíceis, ou seja, são algoritmos que não garantem soluções ótimas e tampouco são executados em tempo razoável.

Uma alternativa para resolver os problemas NP - Difícil é a utilização de métodos heurísticos que, asseguram soluções sub-ótimas com menor esforço computacional, quando comparado à utilização de métodos exatos (NORONHA, SILVA e ALOISE, 2005).

A Figura 5 demonstra a representação de um plano de corte, auxiliando no processo de fabricação.

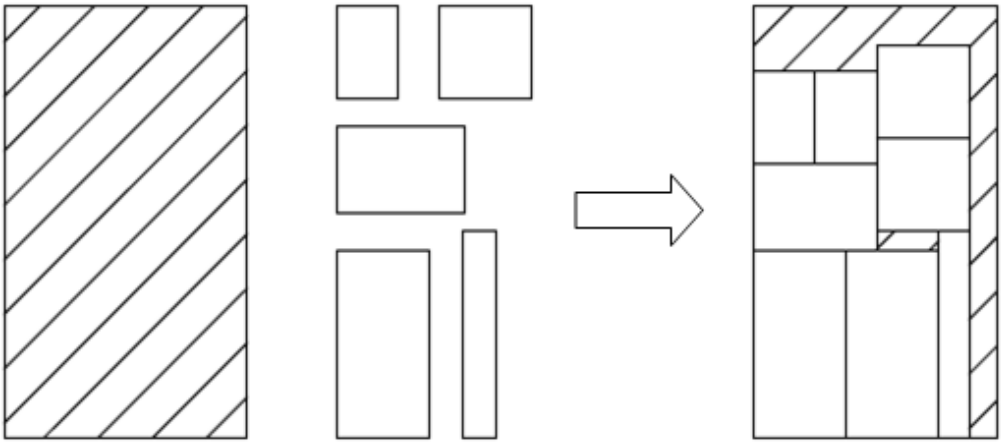

FIGURA 5 – Configuração do Plano de Corte
Fonte: Figueiredo (2005)

2.4.2 Heurísticas

A heurística, também conhecida na literatura como técnicas de busca, tem como objetivo buscar a melhoria de uma solução inicial. Para isto, utiliza o conceito de estrutura de vizinhança onde pode explorar o espaço de soluções do problema e de otimização na busca de melhores soluções (DASGUPTA, PAPADIMITRIOU e VAZIRANI, 2009).

A busca eficiente procura encontrar maneiras inteligentes de contornar o processo na forma exaustiva, usando as entradas para reduzir o espaço de busca. As diversas técnicas algorítmicas apresentam múltiplas alternativas para os mais variados problemas: algoritmo guloso, programação dinâmica, programação linear, entre outros.

2.4.2.1 Corte Guilhotinado e Restrito

O tipo de corte é considerado guilhotinado quando este é feito por toda extensão da placa, ou seja, após o corte são produzidos novos retângulos. Esta restrição é uma limitação imposta pelo equipamento utilizado para o corte, no caso especifico em estudo, a serra elétrica de mesa.

Uma restrição natural que deve ser considerada é a capacidade física do objeto, ou seja, um padrão de corte não pode conter uma quantidade de peças cuja soma de suas áreas é maior que a área da chapa. À medida que as peças são combinadas na chapa, entre elas poderá ocorrer um espaço não aproveitado, sendo este considerado como perda interna. A perda externa ocorre quando o espaço está além do conjunto de peças já projetadas. O corte pode ser normalizado, quando peça é projetada ao lado da outra e tem seus lados encostados, não tendo área de desperdício interno (FACCIO, 2008).

2.4.3 Algoritmo de GRASP

GRASP, (*GreedyRandomizedAdaptiveSearch Procedure*) desenvolvida por Feo e Resende é a combinação de uma heurística construtiva e busca local. O método de GRASP é um procedimento interativo probabilístico, onde a cada iteração é obtida uma solução do problema, sendo composto por duas fases: construção e busca local, baseando-se na utilização de diferentes soluções iniciais como ponto de partida para a busca local (TRINDADE, 2005).

A fase de construção do GRASP é baseada nas palavras gulosa (*greedy*), aleatória (randonized), e adaptativa (*adaptive*), que também compõem o nome dado ao método. Um pseudocódigo genérico GRASP é apresentado, conforme Figura 6.

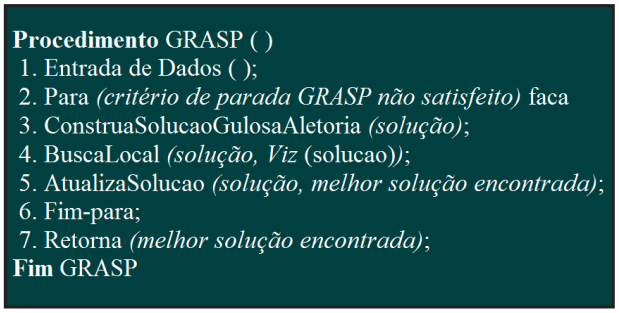

FIGURA 6 – Pseudocódigo Genérico GRASP
Fonte: Temponi (2007)

No procedimento, a cada interação, a construção de uma solução é dada de elemento a elemento e, em seguida é realizada uma busca local na vizinhança da solução construída, retornando o ótimo local daquela vizinhança, após todas as interações realizadas, retorna a melhor solução encontrada.

2.4.4 Algoritmos de Encaixe

As principais técnicas de encaixe descritas na literatura são: *Next-Fit* (NF), *First-Fit* (FF), *Best-Fit* (BF). Nas três técnicas de encaixe para solução (NF, FF, BF), os itens são alocados da esquerda para direita dentro de fixas horizontais. A construção da solução é feita através da inserção dos itens, segundo a ordem em que aparecem na lista de itens a serem alocados em cada objeto (TEMPONI, 2007).

A análise da complexidade de um algoritmo é realizada de forma muito particular, pois cada algoritmo possui uma medida de complexidade, com parâmetros particulares, sendo sua complexidade medida segundo um modelo matemático que supõe que este vai trabalhar sobre uma entrada de dados com tamanho N. O esforço computacional requerido por um algoritmo pode ser medido pelo seu tempo e quantidade de memória utilizada. (TOSCANI e VELOSO 2009).

Segundo Dasgupta, Papadimitriou e Vazirani (2009), para obter um resultado ótimo se deve avaliar o pior caso, do qual já pode inviabilizar o algoritmo e o caso médio é geralmente como o problema vai se comportar na maior parte dos casos.

Procurando evidenciar a melhor solução para problema encontrado no canteiro de obras e, devido a limitação imposta pelas ferramentas de trabalho (serra elétrica de mesa), as pesquisas realizadas demonstraram que plano de corte adequado neste caso é o algoritmo *Best-Fit*, o qual vai realizar o encaixe das peças, procurando proporcionar maior agilidade na produção das fôrmas.

O algoritmo insere a peça na faixa buscando pela melhor área disponível em relação à área da peça e da faixa, calculando a relação entre as duas áreas e inserindo a peça na faixa que possuir a menor relação. Impossibilitando a área, de a peça ser encaixada entre as faixas disponíveis, uma nova faixa será gerada (TEMPONI, 2007).

A Figura 7 mostra um exemplo de solução pela inserção de peças.

Best-Fit

Entrada: Dimensões (w_i, h_i) dos objetos $i = 1, \ldots, n$; dimensões do objeto (W, L)
Saída: Lista de alocação de itens e altura final

```
1  início
2      hf_j ← 0; altura da faixa j, j = 1, ..., m
3      wdf_j ← W; largura disponível na faixa j, j = 1, ..., m
4      wdf_1 = W − w_1; largura disponível na faixa 1
5      hf_1 = h_1; altura disponível na faixa 1
6      adf_1 = hf_1 wdf_1; área restante da faixa 1
7      para i:=2:n faça
8          A = w_i h_i; área do objeto i
9          Verifique a melhor faixa j (com mínimo espaço residual) para o objeto i;
10         se Objeto i cabe na faixa j com mínimo espaço residual então
11             wdf_j ← wdf_j − w_i; insere o item i na faixa j
12         fim
13         senão
14             j ← j + 1; Crie uma nova faixa
15             wdf_j ← wdf_j − w_i; insere o item i na faixa j
16         fim
17     fim
18 fim
```

FIGURA 7 – Pseudocódigo *Best-Fit*
Fonte: Temponi (2007)

2.5 Processos de Desenvolvimento do Sistema de *Software*

O processo é composto por fases e atividades com marcos entre as fases. Os marcos representam os pontos onde deve haver uma verificação dos artefatos construídos, no qual são atribuídos prazos de início e término, sendo estes que determinam de forma mais incisiva a avaliação do projeto pelo seu respectivo gerente.

O processo de desenvolvimento utilizado neste trabalho seguiu as seguintes características: (i) PMI (*Project Management Institute*) incorpora as áreas de gestão; (ii) Ciclo de vida do tipo

clássico com prototipação; (iii) Linguagem de especificação UML (*UnifiedModelingLanguage*) e (iv) Processo de desenvolvimento orientado a objeto com ênfase nos padrões de projeto.

2.5.1 PMBOK - Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projeto

O PMBOK é um guia genérico que descreve as melhores práticas dentro da gerência de projetos e atende todas as áreas de conhecimento, ou seja, tanto para construção de edifícios, processos de fabricação industrial, como para a produção de *software*. Conforme o *Project Management Institute*, o projeto é definido como temporário, planejado, executado e controlado, ou seja, abrange todo o processo de desenvolvimento, do começo ao fim (PMBOK, 2004).

O gerenciamento de projeto envolve todos os processos de desenvolvimento do *software*: escopo, planejamento, avaliação, técnica de desenvolvimento do projeto, estimativa de custos e esforços, planejamento de atividades, monitoramento e controle, planejamento de riscos, alocação e controle de recursos, equipes e qualidade (CLELAND e IRELAND, 2002).

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades e ferramentas das quais visam atender requisitos técnicos das atividades propostas do projeto. Estes conhecimentos são aplicados ao longo de todos os processos de gerenciamento de forma matricial (PMBOK, 2004). Conforme a Figura 8, sendo esta a relação de nove áreas de conhecimentos, de cinco processos.

A área de desenvolvimento de *software* apresenta algumas particularidades das quais dificultam o gerenciamento, mudanças tecnológicas, o conhecimento específico sobre a tecnologia aplicada, substituição entre a equipe do projeto e a intangibilidade da aplicação, a qual se torna necessária a documentação do *software*.

	Iniciação	Planejamento	Execução	Controle	Encerramento
ESCOPO		Coletar requisitos Definir escopo Criar EAP		Verificar e controlar o escopo	
TEMPO		Definir atividades Estimar sua seqüência duração e recursos Criar cronograma		Controlar o cronograma	
CUSTOS		Estimar custos Definir orçamentos		Controlar custos	
QUALIDADE		Planejar qualidade	Realizar a garantia da qualidade	Controlar a qualidade	
RECURSOS HUMANOS		Planejar RH	Mobilizar, desenvolver e gerenciar a equipe		
AQUISIÇÕES		Planejar aquisições	Conduzir aquisições	Administrar aquisições	Encerrar aquisições
COMUNICAÇÕES	Identificar partes interessadas	Planejar comunicações	Distribuir informações Gerenciar expectativas das partes interessadas	Reportar desempenho	
RISCOS		Identificar os riscos realizar a análise qualitativa		Monitorar e controlar riscos	
INTEGRAÇÃO	Desenvolver TAP	Desenvolver plano de gerenciamento do projeto	Orientar e gerenciar a execução	Monitorar e controlar trabalho e mudanças	Encerrar projeto ou fase

FIGURA 8 – Relação entre áreas
Fonte: Adaptado PMBOK (2004)

2.5.2 Modelo em Cascata com Prototipação

O modelo de desenvolvimento em cascata, também conhecido como ciclo de vida clássico ou *waterfall* e classificado como modelo linear seqüencial, sugere uma sequência sistemática e em fases para o desenvolvimento de *software*. Na prática, estas fases sobrepõem-se de alguma forma, permitindo o retorno à fase anterior para a correção de erros encontrados (PRESSMAN, 2006).

Um protótipo é uma amostra executável que conjectura um conjunto de sistemas em desenvolvimento. A união entre estes dois modelos incorporando laços possibilita identificar as funcionalidades e validar os requisitos do sistema. A Figura 9 mostra o ciclo de vida deste modelo.

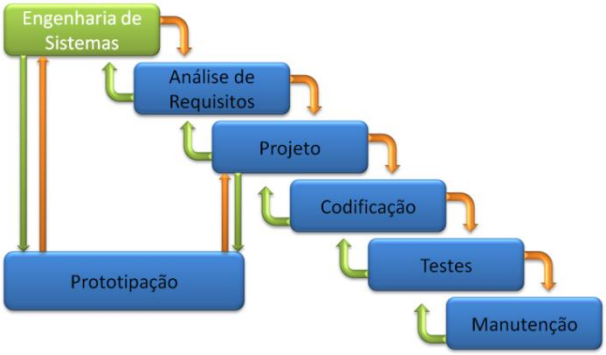

FIGURA 9 – Modelo em Cascata com Prototipação
Fonte: Adaptado Pressman (2006)

2.5.3 Linguagem de Modelagem Unificada - UML

A UML é uma linguagem padrão utilizada para especificar, visualizar, documentar e construir artefatos de um sistema e pode ser utilizada com todos os processos ao longo do ciclo de desenvolvimento e através de diferentes tecnologias de implementação (FURLAN, 1998).

Bezerra (2002) descreve UML, como um conjunto de notações e semânticas com o intuito de representar visualmente uma ou mais perspectivas de um sistema. Aplicabilidade da UML é ampla, normalmente usada na modelagem de orientação a objetos e pode ser usada também para definir os processos organizacionais de tarefas nas empresas.

2.5.4 Desenvolvimento Orientado a Objetos

O conceito de orientação a objetos compõe parte de nosso entendimento e interação com o mundo em que vivemos (DALL'OGLIO, 2007). Formaliza uma visão do mundo real dentro do qual o sistema está desenvolvido, estabelecendo os objetos como estrutura organizacional do sistema e transforma a colaboração de um dado conjunto na execução do trabalho.

Conforme Yourdon e Argili (1999), objeto é uma entidade independente, assíncrona e concorrente, armazena dados, encapsula serviços, troca mensagens com outros objetos e é modelado para executar os métodos finais do sistema.

2.5.5 Padrões de Projeto

Os padrões de projeto são abordagens específicas, utilizadas para resolver problemas genéricos dos sistemas de programação dos quais podem se adaptar integralmente ou de acordo com as necessidades de sua solução.

A palavra "padrão" como uma forma de padronizar soluções para problemas comuns foi utilizada pela primeira vez na área de arquitetura e engenharia civil por Christopher Alexander, para solucionar problemas que costumavam acontecer corriqueiramente (FRANTZ, 2011).

Padrões de projeto podem ser divididos por sua função ou escopo, sendo apresentados em três categorias principais: Padrões de Criação, Estruturais e Comportamentais.

Ao utilizar a padronização, há entendimento de que todos os padrões já foram previamente testados e implementados e, que aperfeiçoe a comunicação entre os desenvolvedores, unificando a língua que é falada entre os envolvidos no projeto.

2.5.6 Aplicações Web

Aplicativos web são por natureza aplicações distribuídas, ou seja, são pedaços de um programa que de forma combinada executam, em diferentes sítios, em máquinas separadas denominadas clientes e servidores, interconectados por meio de uma rede comum (NETO, 2011).

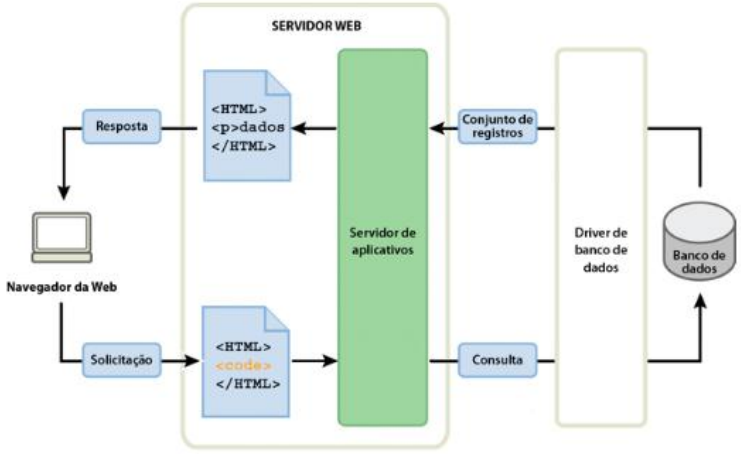

FIGURA 10 – Servidor de Páginas Web
Fonte: Adaptado NETO (2011)

2.5.6.1 Java

Gonçalves (2007) define Java como uma linguagem de programação orientada a objeto, sendo sua aplicação para desktop, web e dispositivos móveis.

Diferentemente das linguagens convencionais, que são compiladas para código nativo, traduz que a linguagem Java é compilada para um *bytecode* que é executado por uma máquina virtual.

2.5.6.1.1 J2EE

O J2EE (*Java 2 Enterprise Edition*) é a plataforma Java voltada para redes, Internet, Intranets e afins. Assim, ela contém bibliotecas especialmente desenvolvidas para o acesso a servidores, a sistemas de e-mail, a banco de dados, etc. Por essas características, o J2EE foi desenvolvido para suportar uma grande quantidade de usuários simultâneos (MOREIRA, 2004).

2.5.6.1.2 Banco de Dados

Para Deitel e Deitel (2008), os Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) foram desenvolvidos para disponibilizar acesso facilitado aos dados, fornecendo funcionalidades como segurança, integridade, agilidade e confiabilidade no armazenamento das informações.

Um sistema gerenciador de arquivos de banco de dados deve fornecer mecanismos para armazenar, organizar, recuperar e modificar os dados. Os SGBD são classificados de acordo com seus modelos, onde os principais são o relacional, o orientado a objetos, os de redes e os modelos hierárquicos (ULLMAN, 2008). Conforme Milani (2008) existem vários tipos de SGBD, sendo que o modelo relacional é o mais utilizado, dentre os quais podemos citar: Oracle, MySQL, Postgres, entre outros.

3. Desenvolvimento do *Software*

A partir do problema e das necessidades expostos, partiu-se para o desenvolvimento de uma ferramenta que seja capaz de apoiar o planejamento das empresas assim como de seus colaboradores, seja este indiretamente junto ao escritório, setor de compra e financeiro ou diretamente junto ao canteiro de obras.

O desenvolvimento de uma aplicação não é apenas um programa, mas sim todos os dados de documentação e configurações necessárias para o seu bom funcionamento, formando um conjunto de atividades para o processo de desenvolvimento: especificações de projeto e de *software*, validação e evolução do *software*, visando às possíveis alterações por parte dos envolvidos no projeto.

As praticas adotadas no decorrer do projeto atendem as metodologias citadas anteriormente, conforme os parâmetros estabelecidos e predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. O gerenciamento de projetos possui uma grande interação com o cliente para validar todas as informações por ele passada e a ser coletadas, a fim de que todo o processo seja atendido de maneira correta no decorrer da implementação do produto.

3.1 Gerenciamentos de Projeto

Conforme PAULA FILHO (2003), a gerência do projeto é a primeira camada da engenharia de *software* e abrange todo o processo de desenvolvimento, do começo ao fim.

O gerenciamento de projetos incorpora uma questão administrativa, com o objetivo de organizar e controlar os processos necessários para a produção do *software*, as pessoas envolvidas e os recursos necessários. Fator fundamental para o sucesso do projeto encontra-se no planejamento e o cronograma, definindo marcos e decompondo os requisitos em tarefas.

Com uso da metodologia do PMBOK foi possível ter uma visão panorâmica da produção do *software* em desenvolvimento e as etapas necessárias, buscando assim obter todo o ambiente e suas peculiaridades para atingir o objetivo final.

O Termo de Abertura formaliza o projeto, apresenta às justificativas e objetivos, estima os prazos, custos assim como identifica as partes interessadas definindo a equipe básica e divulga o início do projeto em sua área de abrangência. A Tabela 1 apresenta a estimativa das fases e previsão de prazos.

Macro fases	Data Previsão	Horas Trabalhadas Previsão
Aceitar Macro 1 – Concepção do Projeto	29/02/2012	120
Aceitar Macro 2 – Arquitetura de *Software*	30/07/2012	410
Aceitar Macro 3 – Implantação de *Software*	30/10/2012	330
Aceitar Macro 4 – Artigo Técnico	30/11/2012	80
		860

TABELA 1 – Termo de Abertura Macro Fases
Fonte: Autor (2012)

Visando atender o melhor nível de detalhamento e de assertividade das informações obtidas com as partes interessadas, foi necessário desenvolver um levantamento de necessidades, através de entrevistas informais com os responsáveis, procurando obter informações relevantes sobre o processo de corte na obra. Com base nestas informações, foi possível elaborar todos os demais elementos do planejamento do projeto, tais como cronograma, orçamentos, escopo, entre outros.

A Estrutura Analítica de Projetos (EAP) se assemelha a um organograma, forma a decomposição do escopo do projeto em partes menores, é o processo de detalhamento das entregas esperadas, identificando as ações necessárias para desenvolver o *software* estimando duração e os recursos necessários. Na Figura 13 é apresentado parcialmente a EAP.

FIGURA 13 – Estrutura Analíticado Projeto
Fonte: Autor (2012)

3.2 Planos de *Software*

Auxiliando no desenvolvimento do projeto optou se em usar a metodologia em cascata seguido da prototipação, sendo que suas fases foram customizadas para se adaptar ao ambiente da aplicação, gerando o Plano de *Software*, sendo este documento o guia principal para o desenvolvimento do produto.

A partir de plano de *software* foi possível gerar o protótipo, o qual teve papel fundamental no desenvolvimento do projeto, onde passou a ter um envolvimento direto com os usuários do sistema. Desta forma foi possível verificar todas as características e funcionalidades, visando atender os requisitos solicitados.

3.2.1 Análise

A análise de requisitos ocorreu em dois momentos: através do levantamento das necessidades do patrocinador o qual gerou escopo do projeto. A segunda etapa da análise ocorreu

no canteiro de obras, sendo estas informações coletadas informalmente, as quais foram de suma importância para o andamento deste, assim como visualizar a tarefa dos envolvidos neste processo possibilitando uma real perspectiva de suas necessidades.

Após a coleta dos dados identificou-se o papel dos principais atores, assim como as permissões de uso do sistema. O acesso ao sistema ocorre por autenticação e níveis de acesso permitidos conforme a descrição de seus perfis. Na Figura 14 é apresentado o diagrama de caso de uso. A Figura 15 apresenta o diagrama de classe que gerou a tela inicial de acesso ao sistema, à tela de *Login* protótipo, apresentada na Figura 16.

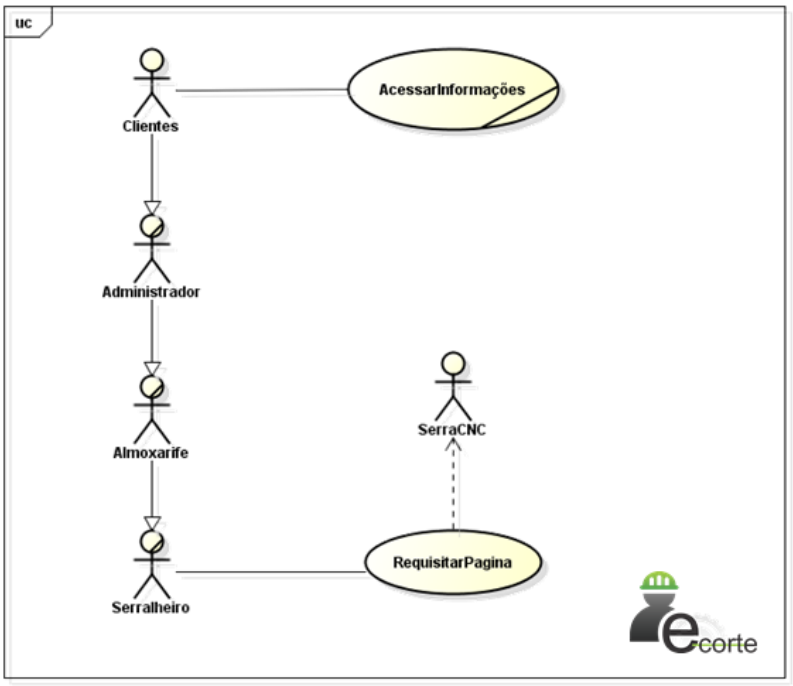

FIGURA 14 – Diagrama de Caso de Uso
Fonte: Autor (2012)

O diagrama de caso de uso apresenta cinco atores: cliente que gera os métodos principais, Administrador, Almoxarife, Serralheiro e a SerraCNC identificado como um ator futuro para o projeto, que será integrando a um equipamento automatizando o processo. Os usuários do sistema serão direcionados para páginas de acordo com suas permissões de acesso: (i) Administrador: será responsável pelo cadastro de usuários no sistema e pela liberação dos níveis de acesso. (ii) Almoxarife: acesso ao sistema para efetuar o cadastro dos itens referentes ao uso do sistema assim como o plano de corte. (iii) Serralheiro: acesso restrito às funcionalidades do sistema, visualizar os relatórios do plano de corte.

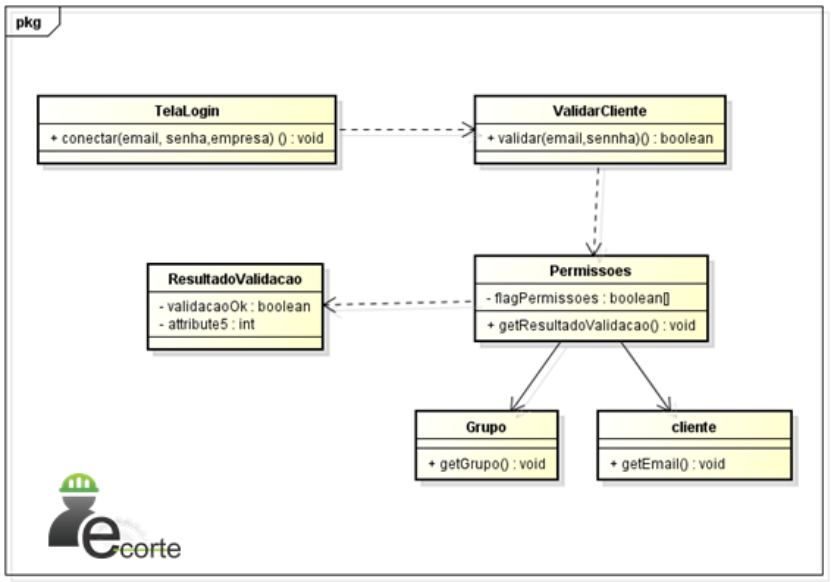

FIGURA 15 – Diagrama de Classe
Fonte: Autor (2012)

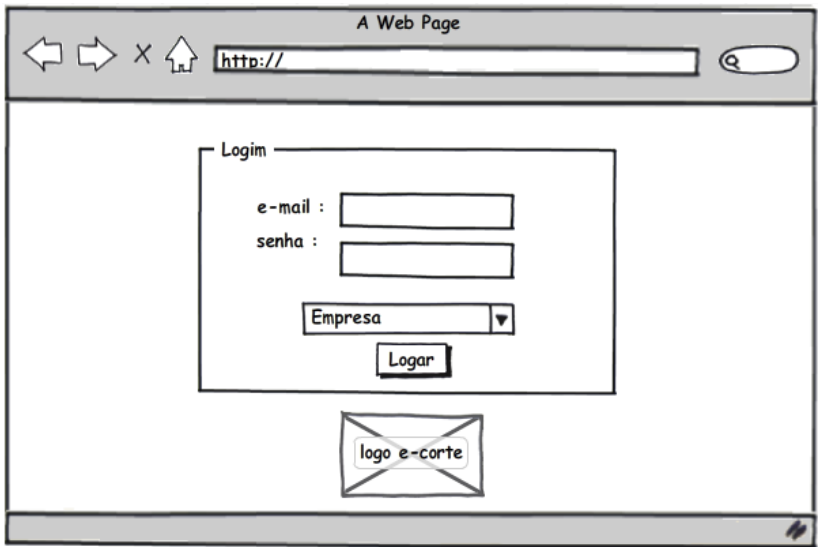

FIGURA 16 – Tela de *Login* Protótico
Fonte: Autor (2012)

O diagrama de caso de uso apresentado na Figura 17 demonstra as principais funcionalidades do sistema, cadastro de clientes, cadastro de estoque, cadastro de peças, relatórios e plano de corte: (i) Administrador cadastra clientes: cadastro, consulta, exclusão e alteração dos dados de acesso ao sistema; (ii) Almoxarife cadastra chapas de compensado: cadastro, consulta, alteração, e exclusão dos dados das chapas de compensado utilizadas como matéria-prima; (iii) Almoxarife cadastra peças "fôrmas": cadastro, consulta, alteração, e exclusão dos dados das fôrmas geradas, que são retângulos originados do corte das chapas de compensado; (iv) Almoxarife cadastra pedidos das fôrmas: cadastro, consulta, alteração, e exclusão dos dados básicos dos pedidos de peças; (v) Almoxarife solicita corte das chapas: almoxarife seleciona o tipo de chapa a ser usada e solicita o corte. Após subtrair da demanda dos pedidos, peças disponíveis em estoque, é gerado

um layout otimizado mostrando padrões de corte e quantidades necessárias de cada padrão de chapas; (vi) Almoxarife efetua entrada de chapas: almoxarife registra entrada de chapas padrão (matéria-prima) no estoque; (vii) Almoxarife efetua entrada das peças/fôrmas: almoxarife registra entrada das fôrmas que sobram do corte de chapas; (viii) Serralheiro solicita relatório de movimento: serralheiro ou almoxarife solicita relatório de movimento (entradas e saídas) das chapas e fôrmas disponíveis em estoque.

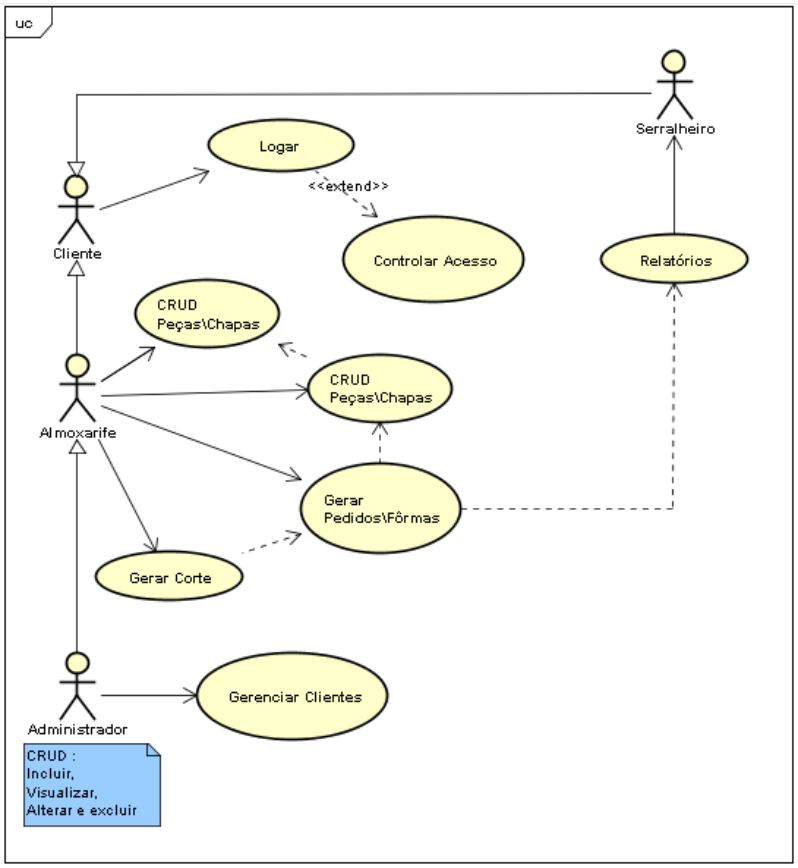

FIGURA 17 – Diagrama de Caso de Uso Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

3.2.2 Codificação e Padrões de Projeto

Entre os padrões de projeto adotado no desenvolvimento do sistema destaca-se o MVC – Modelo, Visão e Controle; os objetivos deste padrão são de separar dados ou lógica de negócio, "modelo" da interface do usuário, "visão" e do fluxo da aplicação "controle" (MECENAS, 2008).

A organização da aplicação em camadas visa criar independência entre os seus componentes, buscando atingir eficiência, escalabilidade, reutilização e facilidade de manutenção.

As páginas *Java Server Pages* fazem o papel da visualização dos dados; os *servlets* assumem o papel de controladores e as classes de negócio se encarregam dos aspectos relacionados à modelagem do negócio.

Os demais padrões seguidos no projeto foram: (i) VO – *Value Objects*, que são classes Java comuns, com um construtor sem argumentos e métodos modificadores e recuperadores para cada propriedade definida. (ii) DAO – *Data Access Objects*, são interfaces, que especificam assinaturas exatas de um conjunto dos métodos, sendo estas reproduzidas nas classes que as implementarem. (iii) *Implementation* – representam as implementações efetivas dos métodos de acesso a dados propostos na classe DAO. (iv) BO – *Business Objects*, são as classes de negócio, não tem qualquer acoplamento com o banco de dados.

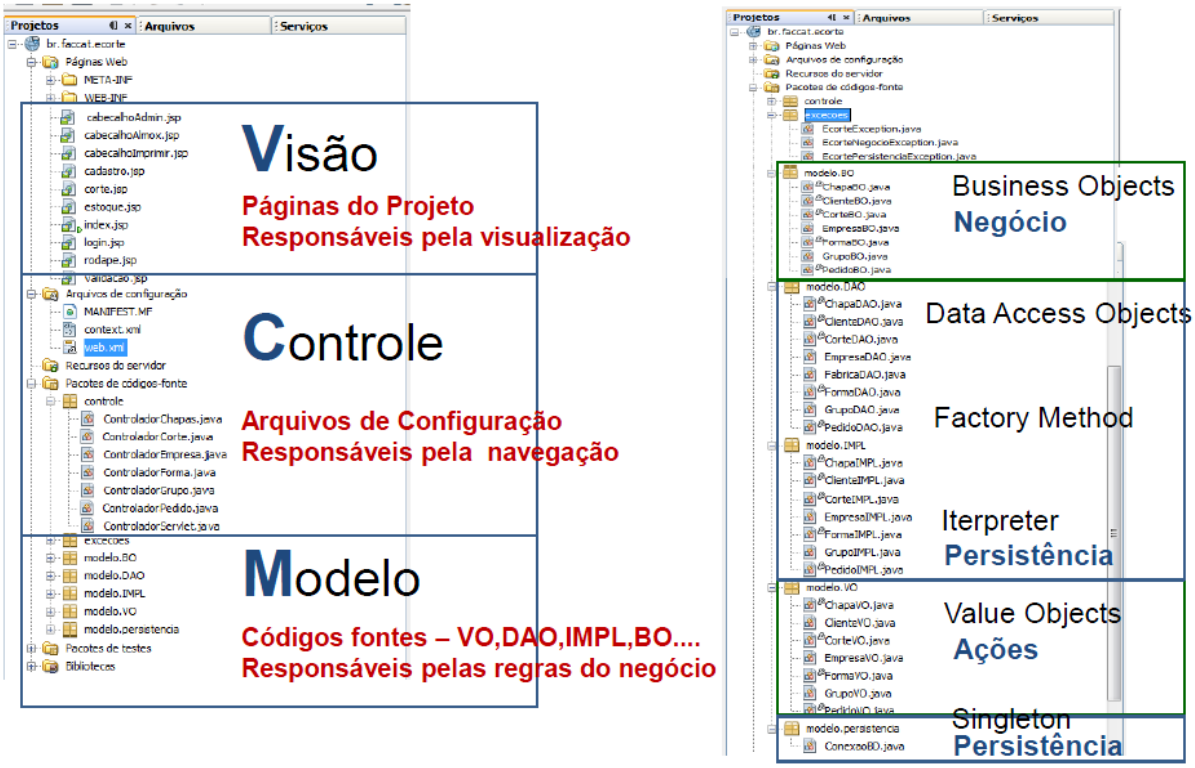

FIGURA 18 – Padrões de Projeto
Fonte: Autor (2012)

3.2.2.1 Aplicação do algoritmo

O algoritmo segue as seguintes definições: (i) número em estoque de chapas retangulares de dimensões (W, H), ou seja, largura e altura, e um conjunto de pedidos (ci) de peças menores (wi, hi), optou-se pelo algoritmo *Grasp*, devido as suas duas fases, construção e refinamento assim como algumas alterações para solução, a técnica de encaixe *Best Fit*. Fase de construção: (ii) inserção das peças, uma de cada vez, formando uma lista de peças candidatas. As peças desta lista são ordenadas de forma decrescente, o qual avalia o beneficio de ser incluída na solução. Cada peça da lista recebe uma variável que representa sua altura, as peças com a mesma altura sobressaem as que tiverem a maior largura. A cada iteração da fase de construção, os melhores itens da lista são colocados em uma lista restrita. O componente aleatório do método consiste em selecionar, para cada inserção uma solução, assim sucessivamente atualizando a lista, ate as peças estarem incluídas. (iii) A fase de refinamento consiste na aplicação do procedimento de busca local, onde são analisados seus

visinhos, movendo-se somente aquela que tiver o valor mais favorável. Após a solução, aplica-se a técnica de encaixe *Bets Fit*, sendo a primeira peça encaixada, iniciando a primeira faixa, logo após verifica-se a altura do segunda peça sendo esta menor ou igual e couber chapa, será inserido na primeira faixa. Caso contrario forma-se uma nova faixa e assim sucessivamente , ate que todos os itens sejam encaixados.

3.2.3 Protótipo

Conforme as expectativas e as necessidades dos requisitos apontados pelos usuários, a prototipação busca preencher lacunas pela falta de conhecimento das partes envolvidas no processo.

Sommerville (2007) define protótipo como uma versão inicial de um sistema de *software*, que é utilizada para demonstrar conceitos, experimentar opções de projeto e, em geral, para conhecer mais sobre os problemas a serem trabalhados e suas possíveis soluções.

A construção do protótipo buscou evidenciar todos os detalhes inerentes ao gerenciamento e as operações realizadas no sistema dando ênfase aos seguintes quesitos: dados, telas, processamento e informações.

- Dados: o desenvolvimento do banco de dados ocorreu de forma interativa, à medida que se reconheceu novas necessidades foram sendo adicionadas novas entidades, outro fato viável é a entrada de dados manuais, possibilitando detalhar uma análise entre causas e efeitos e as eventuais interfaces requeridas para a operação.
- Telas: passam a ser tangíveis, dando a possibilidade de interação com os usuários, sendo estas de entrada, visando à inclusão e manutenção de dados, de consulta que geram parâmetros ou informações e operação que envolve métodos disparadores de processos.
- Informações: foi possível refinar o entendimento e os requisitos de informações a serem geradas para os relatórios do sistema.

O cadastro de acesso para o sistema apresenta três abas, as quais permitem ao administrador inserir as seguintes funções: (i) Grupo: determinar o nível de acesso ao sistema. (ii) Empresa: inserir os dados da empresa, que gera um registro único para as demais áreas do sistema, não permitindo que usuários de outras empresas visualizem informações das quais não sejam inerentes ao cadastro. (iii) Usuário: inserção dos dados do usuário o qual vai permitir o acesso através da pagina de *login*.

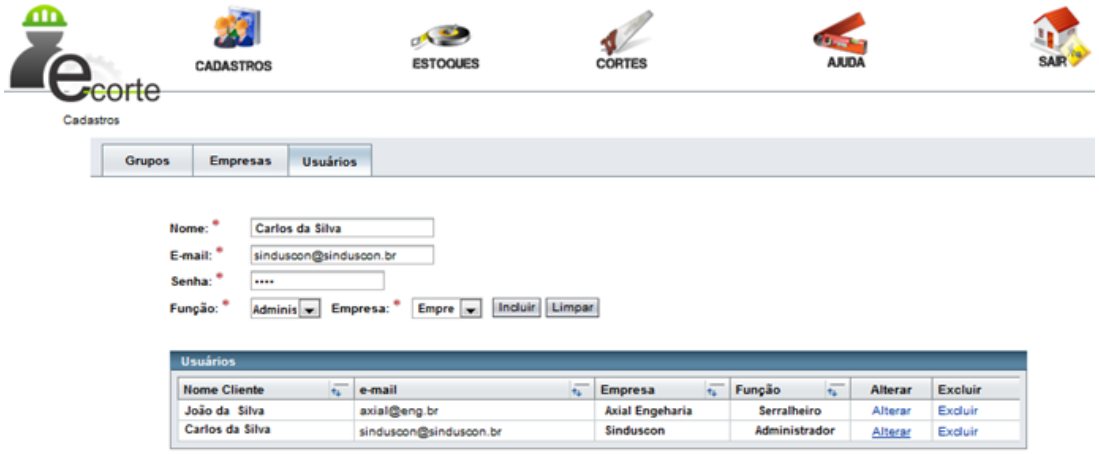

FIGURA 19 – Tela de Cadastro de Clientes Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

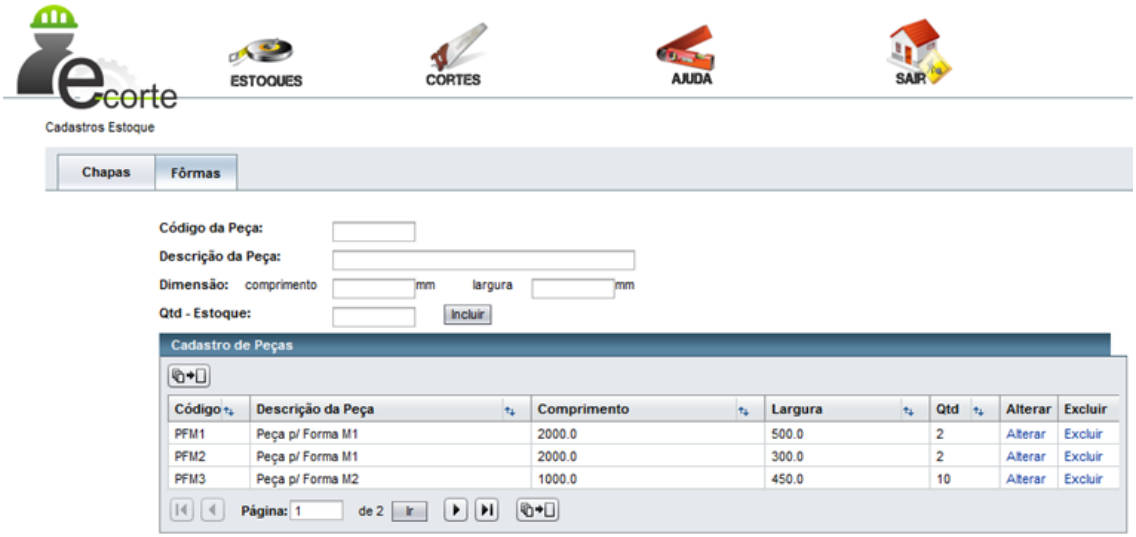

FIGURA 20 – Tela de Cadastro de Estoque Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

O cadastro de estoque no sistema apresenta duas abas, as quais permitem ao administrador e almoxarife inserir as seguintes funções: (i) Chapas: inserir, alterar e excluir os dados, códigos específicos do material, descrição da matéria prima, comprimento e largura e a quantidade de chapas que vão compor o estoque. (ii) Fôrmas: inserção dos dados, códigos específicos que vão compor o conjunto necessários de itens para montar as fôrmas, como o comprimento, a largura e a quantidade de peças.

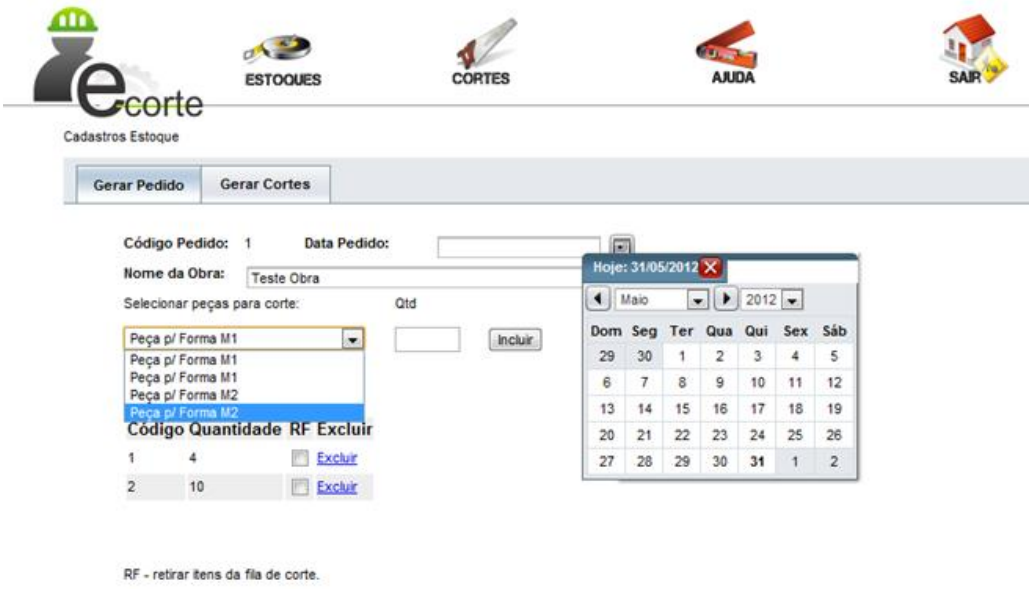

FIGURA 21 – Tela Gerar Pedido Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

Depois de incluídas as peças necessárias para montar as fôrmas, os usuários do sistema podem gerar os pedidos e planos de corte os quais estão disponíveis na barra de menu. Cortes direcionado para pagina cortes.jsp o qual disponibiliza duas abas. (i) Gerar Pedido: usuário do sistema, almoxarife ou administrador seleciona o conjunto de peças que vai compor as fôrmas a ser utilizada no corte, já cadastrada anteriormente, informa os dados referentes ao pedido, preenchendo os campos, data e nome da obra. O sistema apresenta após a inclusão dos dados uma lista de consulta de todos os pedidos, contendo o código e o numero de itens, apresenta dois campos: *check-List* que retira da fila de corte; - RF - ou a possibilita excluir. Assim, o usuário poderá incluir o conjunto de itens, porem retirando da programação corte, ativando o campo. Este campo surgiu da necessidade de não ter em estoque as chapas de compensado para complementar o pedido. (ii) Gerar Cortes: usuário solicita o corte das chapas, seleciona a chapa de compensado, acionando o botão "Calcular Corte", o qual verifica uma das regras de negócios. A disponibilidade em estoque das chapas necessárias para atender a demanda da solicitação do pedido, podendo rejeitar o mesmo caso não tenha em estoque a quantidade de chapas necessárias, exibindo uma mensagem ao usuário e a programação é cancelada. Contendo em estoque, subtrai as peças e concretiza o processo, gerando as informações do plano de corte, área total e percentual perda. Após este processo o usuário aciona o botão "Visualizar *Layout"* liberando a visualização e impressão dos dados. O botão "Incluir", atualiza o estoque de peças "fôrmas" e as chapas de compensado, assim como grava o plano de corte.

As sobras das chapas de compensado devem ser incluídas pelo usuário no estoque para serem reaproveitadas em uma próxima execução do sistema.

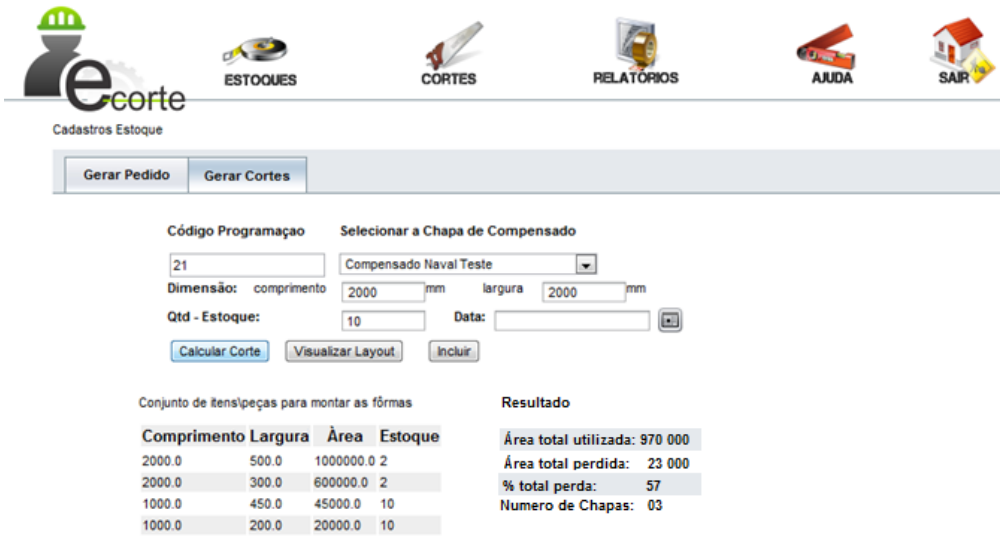

FIGURA 22 – Tela Gerar Cortes Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

Na Tabela 2, são apresentados os dados de entrada no sistema e-corte, que vão compor as fôrmas. Na Figura 23, é demonstrado o relatório do plano de corte.

Plano de Corte	Comprimento	Largura	Peças	Área Total
M1 – Fôrmas	200	50	002	20000
M2 – Fôrmas	200	30	002	12000
M3 – Fôrmas	100	45	010	45000
M4 – Fôrmas	100	20	010	20000
Total	600	145	024	97000

TABELA 2 – Entrada de Dados
Fonte: Autor (2012)

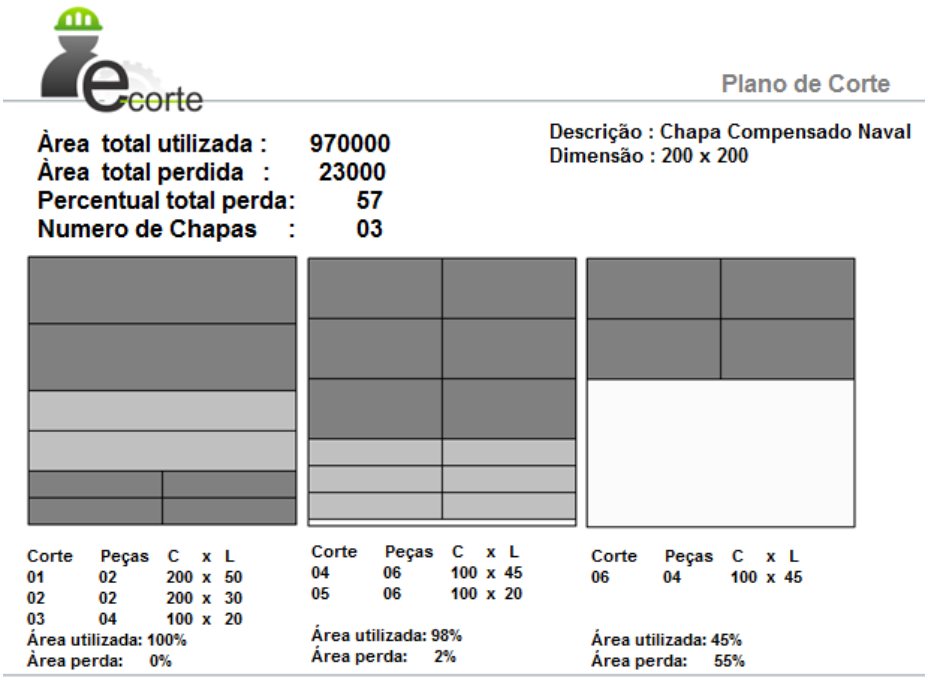

FIGURA 21 – Plano Corte Sistema e-corte
Fonte: Autor (2012)

4. Resultados Obtidos

Frente aos cenários expostos, após a implementação do sistema e buscando validar o estudo realizado, sendo o objetivo simular a entrada dos dados de uma obra, ou seja, a quantidade de chapas de compensado utilizadas versus a quantidade de chapas geradas através do plano de corte do sistema.

Os dados fornecidos pela empresa foram enviados através de uma planilha contendo todas as informações para gerar as fôrmas de concreto armado assim como o total de chapas utilizadas pela obra. A obra em estudo é um edifício residencial, composta por 12 pavimentos, sendo a simulação aplicada no subsolo, devido esta ser uma das primeiras etapas no canteiro de obra e devido aos pavimentos superiores, absorverem o reaproveitamento do material após a desfôrma.

Através da planilha, foram registrados os dados de entrada no sistema. O total de chapas consumidas na obra foi de 467 peças, já no sistema obteve-se um consumo de 415 peças, tendo uma redução de 52 peças, que representam 12,53% da quantidade de material consumida.

Cabe salientar, algumas características percebidas no canteiro de obra: o tempo gasto para gerar os padrões de corte é alto, uma vez que o processo é manual; outro fato está na perda de material, assim como no processo de corte sendo que não foi possível optar por uma técnica mais efetiva de otimização vista as atuais ferramentas de trabalho, o qual inviabilizou a aplicação de um algoritmo considerado como ótimo.

Observou-se algumas contribuições após o uso do sistema: (i) a geração de cortes e o número de arranjos possíveis a serem produzidos, com rapidez e novas alternativas propostas; (ii) maior facilidade no cálculo do custo do produto, uma vez que a perda de material pode ser incluída no sistema. (iii) agilizar a tomada de decisão na compra de matéria-prima, (iii) facilitar no canteiro de obras a produção, caso haja alterações nas dimensões das fôrmas.

Foi possível constatar que, melhorar o planejamento da produção no canteiro de obras, abordando o problema do corte, pode ser economicamente positivo. O setor da construção civil apresenta carência em determinadas áreas, o qual possibilita o desenvolvimento de ferramentas específicas para auxiliar os trabalhadores.

Sistemas como este, são poucos encontrados e em sua grande parte não são específicos para o setor da construção civil. O sistema hora apresentado, e-corte, tende a ser específico, mesmo que não seja capaz de suprir todas as expectativas e necessidades da empresa por definições e critérios adotados no planejamento da produção, acredita-se que poderá ser útil como ponto de partida para a geração de padrões de corte. Ajustes nas respostas do sistemas é algo a ser considerado, levando em

conta as dificuldades encontradas no decorrer do desenvolvimento devido a falta de experiência no setor pesquisado, assim como na área específica de programação.

Outro fator considerado no problema de corte é com a sobra de matérias reaproveitáveis, toda a sobra de material resultante de um objeto cortado, se grande o suficiente, pode ser utilizada para cortar futuras demandas de itens.

O sistema apresentou um baixo tempo de processamento e, praticamente em todos os casos, levaram menos de dois segundos.

Uma restrição importante que não foi levada em conta refere-se à espessura da serra usada no corte das chapas de compensado, o qual pode a vir produzir uma solução inadequada. Outro fato a ser adotado como regra de negócio a ser analisada, é a perda de material para determinar um valor, considerado perda de fato. Desta forma o sistema busca auxiliar no gerenciamento da matéria-prima, não ficando a cargo dos encarregados pelas obras ou o próprio operador da serra.

5. Conclusão

A área da tecnologia da informação com ênfase em desenvolvimento de sistema abrange questões como produtividade, portabilidade, qualidade, documentação entre outros. Problemas enfrentados no desenvolvimento, devido à falta de processos e padrões, tendem a não serem solucionados de forma rápida; devido a estes fatores buscou se adotar neste trabalho o uso de metodologias, ferramentas, conceitos e técnicas; informações estas adquiridas através do currículo do Curso de Sistemas de Informação como pesquisas e leituras técnicas no decorrer destes últimos anos.

Através deste conjunto, foi possível formatar a estrutura deste trabalho, assim como propor uma solução partindo das necessidades e expectativas do cliente, para o ambiente de implementação, abordando técnicas de gerenciamento de projeto, modelagem, documentação e desenvolvimento. Com base na abordagem realizada, foi possível aumentar a compreensão de toda a etapa no processo de desenvolvimento o qual proporcionou uma maior facilidade no desenvolvimento e sustentabilidade do projeto ao decorrer do tempo.

Cabe salientar algumas características ocorridas no decorrer dos processos envolvidos: (i) metodologias aplicadas neste trabalho, criam um ambiente propicio e mais tranqüilo para o desenvolvimento. (ii) A importância da aplicação do gerenciamento de informações no inicio do projeto, onde foi refinado e compreendido o real problema a ser solucionado, descobrindo restrições e definindo possíveis soluções. (ii) gerenciamento de todas as informações referentes ao projeto,

documentação e alterações de requisitos, definidas no escopo auxiliando para que a aplicação seja entregue no prazo, dentro dos custos estimados. (iii) Estruturação dos processos modelados pela EAP proporcionou uma visão detalhada do projeto. (iv) Modelo em cascata encadeado da prototipação, o qual possibilitou solucionar problemas antes da entrega definitiva, com participação dos usuários, através da análise, assim como as conformidades, a construção e os testes. (v) A incorporação da heurística na resolução do problema do corte bidimensional, mediante os fatos expostos, são interessantes para serem aprofundados em trabalhos futuros.

Referências

ABIMCI, Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Aplicação da Madeira na construção Civil. Disponível em: http: // www.abimci.com.br/index.php?option= com_docman&task=cat_view&gid =31&Itemid=37&limitstart=15. Acessado em 26 ago. 2012.

BAUER, L.A; FALCÃO. Materiais de Construção. Vol 2, 5º edição, Mg: Livros Técnicos e Científicos,1994.

BEZERRA, Eduardo. Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

CLELAND, DAVID L. e IRELAND, LEWIS R. Gerência de Projetos, 2. ed. Rio de Janeiro: Reichmannn & Affonso, 2002.

DAL BIANCO, M. C. & SILVA, D. A. Ferramentas Geométricas e Técnicas Heurísticas para o Problema de Corte e Empacotamento envolvendo formas irregulares. VI Simpósio De Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT- .2009.

DALL'OGLIO, PABLO. PHP Programando com orientação a Objetos. São Paulo:Novatec, 2007.

DASGUPTA, SANJOY; PAPADIMITRIOU, CHRISTOS E VAZIRANI, UMESH. Algoritmos. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

DEITEL, P. J.; DEITEL, H.M. Ajax, Rich Internet Applications e desenvolvimento Web para programadores. Tradução Célia Taniwaki e Daniel Vieira. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

FACCIO ANA PAULA. Propostas de Solução para o Problema de Corte de Estoque Bidimensional de uma Fábrica de Móveis de Pequeno Porte. UNESP - São José do Rio Preto. 2008.

FIGUEIREDO, A.G. Análise de produtividade dos padrões de corte na Indústria de móveis. In: XXXVIII – SBPO – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Anais...UNESP, 2005.

FRANTZ, R. Z. Introdução a Design Patterns para o desenvolvimento de software. Disponível em: http://www.jeebrasil.com.br/tags/designpatterns Acesso em 21 ago. 2011.

FURLAN, JOSÉ DAVI. Modelagem de Objetos através de UML. São Paulo – Makron Books,1998.

GÓMEZ, A.T; MULLER, G.I. Aplicação ao Problema do Corte Guilhotinado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. PIPCA - Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada. São Leopoldo, 2007.

GONÇALVES, EDSON. Desenvolvendo Aplicações Web com NetBeans IDE5.5. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2007.

MARANHÃO, G. M. A Otimização do Projeto segundo a NBR 7190/97. (Dissertação de mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MECENAS, IVAN. NetNeans 6.1 Desenvolvendo em Java, Rio de Janeiro: Editora Altabooks, 2008

MILANI, JOSE. PostgreSQL: guia do programador, São Paulo: Novatec Editora, 2008.

MOREIRA NETO, OZIEL. Entendendo e dominando o Java para Internet. Rio de Janeiro: Digerati Books, 2004

MOSSMANN, ARLETE SIMONE. Levantamento do Gerenciamento do Resíduo de Madeira Utilizada para Confecção de Fôrmas de Estrutura de Concreto Armado. (Dissertação de mestrado) Universidade do Vale do Rio do Sinos – Unisinos, São Leopoldo, 20011.

NAZAR, Nilton. Fôrmas e Escoramentos para Edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema. São Paulo: Pini, 2007.

NETO,Antonio Gonçalves dos Santos. Java na Web. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2011

NORONHA, T. F.; SILVA, M. & ALOISE, J. D. Uma Abordagem sobre Estratégias Meta-heurísticas. 2005.

PAULA FILHO, WILSON DE PÁDUA. Engenharia de Software. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PMBOK *Guide – Project Management Body of Knowledge* . Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em GP, 3.ed., Pennsylvania: PMI Project Management InstitutePublications, 2004.

PRESSMAN, R.S. Engenharia de Software. São Paulo: McGraw-Hill,2006.

REVISTA DA MADEIRA. Madeira: os desafios do suprimento Disponível em : http://www.remade.com.br/br/opiniao.php?num=483&title. Acesso em 25 nov. 2011.

SINDUSCON-RS. Maior desempenho da Construção depende de mudanças estruturais. Disponível em: http://www.sinduscon-rs.com.br/site/principal/conteudo_nivel_2.php?codConteudo=967 Acessado em : 3 set. 2011.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 8ª edição. São Paulo: Pearson Addison - Wesley, 2007.

TEMPONI, ELIAS C. CORREA. Uma proposta de resolução do problema de corte bidimensional via abordagem metaheurística. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2007.

TOSCANI, LAIRA VIEIRA; VELOSO, PAULO A. SILVA. Complexidade de Algoritmos, 2ª edição, Bookman, 2009.

TRINDADE, VIVIANE. Desenvolvimento e análise experimental da metaheurística grasp para um problema de planejamento de sondas de manutenção. Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói , 2005.

ULLMAN, LARRY. PHP 6 e MySQL para Web Sites Dinâmicos. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

YOURDON, E.; ARGILA, C. Análise e Projeto Orientados a Objetos: Estudos de casos. São Paulo: Makron Books, 1999.