

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO EM INFORMÁTICA

WALMIR PEREIRA DE AMORIM JUNIOR

**SISTEMA DE ALOCAÇÃO EM PÁTIOS DE
ESTOCAGEM:
UMA APLICAÇÃO NO ARMAZENAMENTO DE
BOBINAS DE AÇO**

VITÓRIA
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

WALMIR PEREIRA DE AMORIM JUNIOR

**SISTEMA DE ALOCAÇÃO EM PÁTIOS DE
ESTOCAGEM:
UMA APLICAÇÃO NO ARMAZENAMENTO DE
BOBINAS DE AÇO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Informática na área de Otimização.

Orientadores:

Prof. Dr. Arlindo Gomes de Alvarenga

Prof. Dr. Hannu Tapio Ahonen

VITÓRIA

2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A524s Amorim Júnior, Walmir Pereira de, 1978-
Sistema de alocação em pátios de estocagem : uma aplicação no
armazenamento de bobinas de aço / Walmir Pereira de Amorim Júnior. –
2006.
76 f. : il.

Orientador: Arlindo Gomes de Alvarenga.

Co-Orientador: Hannu Tapio Ahonen.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Otimização combinatória. 2. Pátios. 3. Bobinas. I. Alvarenga,
Arlindo Gomes de. II. Ahonen, Hannu Tapio. III. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 004

WALMIR PEREIRA DE AMORIM JUNIOR

**SISTEMA DE ALOCAÇÃO EM PÁTIOS DE ESTOCAGEM: UMA
APLICAÇÃO NO ARMAZENAMENTO DE BOBINAS DE AÇO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Informática na área de Otimização.

Aprovada em 30 de novembro de 2006.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Arlindo Gomes de Alvarenga
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Hannu Tapio Ahonen
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. Fernando Jose Martinelli
CST Arcelor Brasil

A todos aqueles que me acompanharam ao longo do seu desenvolvimento, contribuindo com uma idéia, uma dica, um conselho, uma discussão, ou simplesmente a paciência de ouvir-me. Em especial a Deus, aos meus pais, irmãs, orientadores e colegas de trabalho.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Arlindo Gomes de Alvarenga e Prof. Dr. Hannu Tapio Ahonen, por aceitarem a tarefa de me orientar. Foram seus conhecimentos, orientação, apoio e paciência que me possibilitaram atravessar todas as barreiras que encontrei.

Ao membro da Comissão Examinadora, Prof. Dr. Fernando Jose Martinelli pelas considerações e melhorias sugeridas.

Agradeço aos amigos e colegas de serviço, que me ouviram e compartilharam comigo suas experiências, em especial a minha amiga Maria das Graças que, desde o início, me ajudou, apoiou e incentivou nos momentos mais difíceis.

Um agradecimento especial aos meus familiares: meu pai, Walmir e minha mãe, Creusa, que mesmo não presente fisicamente sempre guiou meus passos, e minhas irmãs Rosiane, Adriana e Ana Lucia. Foi com este apoio que consegui chegar até aqui.

Em especial agradeço a Deus, sem ele nada disso seria possível.

Obrigado a todos vocês.

*“A primeira coisa que você tem que fazer para ter sucesso na vida é
decidir que tipo de pessoa você é: aquela que faz as coisas
acontecerem, aquela que olha as coisas acontecerem ou aquele que
se pergunta como aquilo foi acontecer.”*

(Autor desconhecido)

Resumo

Esta dissertação de mestrado apresenta uma ferramenta de suporte a tomada de decisão para melhorar o gerenciamento de pátios de estocagem de materiais. O objetivo desta ferramenta é definir uma posição de estocagem para os materiais que chegam ao pátio, de forma a acelerar o processo dos despachos realizado em um período de planejamento pré-estabelecido. Para resolver tal problema, foi utilizado um algoritmo de Evolução Diferencial (ED) e como estudo de caso, foi escolhido um pátio no contexto siderúrgico: pátio de despacho de bobinas de aço.

Palavras-chaves: pátios, movimentações internas, evolução diferencial, bobinas de aço.

Abstract

This master thesis presents a decision support tool for improving the management of material stock yards. The objective of this tool is to define a position for all arriving materials, in order to become faster the loading of all materials in a pre defined planning period. To solve this problem, it was used a Differential Evolution (DE) algorithm and as a case study, it was chosen a yard in the siderurgical context: steel coil dispatch yard.

Keywords: yard, relocation movements, differential evolution, steel coil.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: VISTA LATERAL DE UMA COLUNA DE UM PÁTIO COM BOBINAS EMPILHADAS EM TRÊS CAMADAS	18
FIGURA 2: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PLACAS E BOBINAS DE AÇO	23
FIGURA 3: PLACAS DE AÇO EM PRODUÇÃO.....	23
FIGURA 4: LAMINAÇÃO DE PLACA DE AÇO	24
FIGURA 5: BOBINAS DE AÇO	25
FIGURA 6: PÁTIO DE DESPACHO DE BOBINAS.....	27
FIGURA 7: VISTA SUPERIOR DE UM PÁTIO.....	28
FIGURA 8: VISTA LATERAL DE UM PÁTIO.....	28
FIGURA 9: VISTA SUPERIOR DE UM PÁTIO COM ÁREAS SEPARADAS POR MODAL DE TRANSPORTE	29
FIGURA 10: GARRA DA PONTE ROLANTE SE PREPARANDO PARA MOVIMENTAR UMA BOBINA	30
FIGURA 11: VISÃO LATERAL DE UM PÁTIO COM EMPILHAMENTO DE BOBINAS EM 3 CAMADAS. AS BOBINAS EM VERDE SÃO QUE NECESSITAM SER MOVIMENTADAS PARA QUE A EM COR AZUL SEJA DESPACHADA	31
FIGURA 12: BOBINA SENDO MOVIMENTADA PELA GARRA DA PONTE ROLANTE	32
FIGURA 13: NP PLANOS DE ALOCAÇÃO DO PÁTIO PARA UM PERÍODO DE N DIAS DE PLANEJAMENTO.....	34
FIGURA 14: VISÃO DE UMA COLUNA DO PÁTIO, PARA MOSTRAR QUE AO DESPACHAR A BOBINA EM AZUL NÃO SERÁ NECESSÁRIO A REALIZAÇÃO DE MOVIMENTAÇÕES INTERNAS	35
FIGURA 15: VISÃO DE UMA COLUNA DO PÁTIO, PARA MOSTRAR QUE AO DESPACHAR A BOBINA EM AZUL SERÁ NECESSÁRIO A REALIZAÇÃO DE DUAS MOVIMENTAÇÕES INTERNAS.....	35
FIGURA 16: VISÃO DE UMA COLUNA DO PÁTIO, PARA MOSTRAR QUE AO DESPACHAR A BOBINA EM AZUL SERÁ NECESSÁRIA A REALIZAÇÃO DE CINCO MOVIMENTAÇÕES INTERNAS. ESTE CORRESPONDE AO PIOR CASO.....	35
FIGURA 17: VISÃO SUPERIOR DO PÁTIO PARA MOSTRAR A DISTÂNCIA PERCORRIDA DE PONTE ROLANTE ATÉ A ÁREA DE DESPACHO	36
FIGURA 19: UMA POPULAÇÃO DE NP INDIVÍDUOS DE DIMENSÃO D.....	39
FIGURA 20: ALGORITMO DE EVOLUÇÃO DIFERENCIAL.....	41

FIGURA 21: MAPEAMENTO DE UM INDIVÍDUO DA POPULAÇÃO NO ENDEREÇO DE CADA BQ NO PÁTIO	42
FIGURA 22: PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO E OBTENÇÃO DO CUSTO DE UMA SOLUÇÃO PARA UM DETERMINADO PERÍODO DE PLANEJAMENTO	43
FIGURA 23: AS TRÊS CAMADAS DE UM PÁTIO COM SUAS ÁREAS DISPONÍVEIS PARA ALOCAÇÃO	44
FIGURA 24: PÁTIO APÓS A ALOCAÇÃO DA BQ3.....	44
FIGURA 25: SELEÇÃO DO ENDEREÇO DE ALOCAÇÃO DE UMA BQ NO PÁTIO A PARTIR DE UM INDIVÍDUO DA POPULAÇÃO.....	45
FIGURA 26: PLANO DE ALOCAÇÃO PARA UM PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE N DIAS.....	46
FIGURA 27: ESQUEMA DA FERRAMENTA DE GERAÇÃO DE PLANO DE ALOCAÇÃO DO PÁTIO.	47
FIGURA 28: PLANO DE ALOCAÇÃO DO PÁTIO PARA 2 DIAS DE PLANEJAMENTO EM VISÃO POR IDENTIFICAÇÃO DA BOBINA. VISTA SUPERIOR DO PÁTIO DE (6X3) PARA SUAS 3 CAMADAS	49
FIGURA 29: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 1 .	52
FIGURA 30: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 2 .	53
FIGURA 31: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 3 .	53
FIGURA 32: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 4 .	54
FIGURA 33: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 5 .	54
FIGURA 34: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 6 .	55
FIGURA 35: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 7 .	55
FIGURA 36: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 8 .	56
FIGURA 37: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA A PARAMETRIZAÇÃO 9 .	56
FIGURA 38: GRÁFICO DOS CUSTOS MÍNIMO, MÉDIO E MAXIMO X PARAMETRIZAÇÃO	57
FIGURA 39: GRÁFICO DESVIO PADRÃO DO CUSTO X PARAMETRIZAÇÃO.....	57
FIGURA 39: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 1	59
FIGURA 40: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 2	59
FIGURA 41: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 3	59
FIGURA 42: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 4	60
FIGURA 43: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 5	60
FIGURA 44: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 6	61
FIGURA 45: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 7	61
FIGURA 46: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 8	62
FIGURA 47: ITERAÇÃO X CUSTO DA POPULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO 9	62

FIGURA 48: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X EXECUÇÃO PARA ALOCAÇÃO ALEATÓRIA NO PÁTIO	63
FIGURA 49: GRÁFICO DO CUSTO DA SOLUÇÃO X ALGORITMO (ED X ALOCAÇÃO ALEATÓRIA)	64
FIGURA 49: EXEMPLO DE ARQUIVO DE SAÍDA NA VISÃO BOBINA (PA-BOBINAS.TXT).....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CUSTO DE DESPACHO X SITUAÇÃO DE DESPACHO	36
TABELA 2: PARÂMETROS DE ENTRADA RELACIONADOS AO ALGORITMO DE EVOLUÇÃO DIFERENCIAL	48
TABELA 3: CARACTERÍSTICAS DAS PARAMETRIZAÇÕES X TEMPO E CUSTOS DA SOLUÇÃO GERADA	52

LISTA DE SIGLAS

DE – Differential Evolution

ED – Evolução Diferencial

CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão

BQ – Bobina Laminada a Quente

LTQ – Laminador de Tiras a Quente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	<i>OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO.....</i>	<i>18</i>
1.2	<i>ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO</i>	<i>19</i>
2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	21
2.1	<i>CONTEXTUALIZAÇÃO NA ÁREA SIDERÚRGICA.....</i>	<i>21</i>
2.2	<i>ESTUDO DE CASO: PÁTIO DE DESPACHO DE BOBINAS DE AÇO.....</i>	<i>25</i>
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	33
3.1	<i>ESTRATÉGIA DE SOLUÇÃO.....</i>	<i>33</i>
3.1.1	<i>Obtenção do Custo da Solução</i>	<i>34</i>
3.1.2	<i>Algoritmo de Evolução Diferencial (ED)</i>	<i>38</i>
3.1.3	<i>Adaptação do Algoritmo de Evolução Diferencial ao Estudo de Caso</i>	<i>42</i>
3.2	<i>A FERRAMENTA DESENVOLVIDA</i>	<i>45</i>
3.2.1	<i>Parâmetros de Entrada e Saída da Ferramenta.....</i>	<i>46</i>
4	TESTES COMPUTACIONAIS	51
5	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
	ANEXO A – DESCRIÇÃO DO ARQUIVO DE ENTRADA.....	69
	ANEXO B – DESCRIÇÃO DO ARQUIVO DE ENTRADA.....	71
	ANEXO C – DIA DE PLANEJAMENTO (VISÃO DATA PREVISTA DE SAÍDA) GERADO PELA FERRAMENTA DESENVOLVIDA.....	74

1 INTRODUÇÃO

“A viagem de mil milhas começa com um passo”

Lao-Tze

Devido a globalização e competitividade, que são características marcantes do mercado atual, as indústrias cada vez se deparam com forças competitivas que as ameaçam, e que, portanto precisam ser enfrentadas. Dentre essas forças podem ser citadas: rivalidade de concorrentes dentro de seu ramo de atividades e poder de barganha tanto dos clientes quanto dos fornecedores. Uma empresa pode sobreviver e ter sucesso a longo prazo se ela desenvolver eficazmente estratégias para enfrentar estas forças competitivas, como por exemplo: liderança em custo, diferenciação, inovação, crescimento e alianças (O'BRIEN, 2001).

Apesar das empresas tentarem desenvolver todas essas estratégias, a liderança em custo acaba recebendo especial destaque por ser uma das maiores cobranças de seus clientes. Existem várias formas de se tratar a redução de custo dos produtos, dentre elas: minimizar o lucro da empresa ou baixar o custo da produção e, conseqüentemente, o custo de venda ao cliente. Como diminuir o lucro não é interessante para a organização, o ideal é procurar alternativas para se baixar o custo do processo de produção.

Existem várias maneiras de se baixar o custo do processo produtivo. Uma das formas encontradas para se fazer isso, é otimizar a utilização dos espaços de armazenamento dos produtos da empresa, pois todo espaço físico mantido tem um custo de operacionalização associado. Dentre os parâmetros de custo podem ser citados: os recursos humanos e de equipamentos necessários, consumo de energia elétrica, manuseio dos produtos que chegam e saem do local e o custo de manutenção da área.

Cada um desses parâmetros possui características bastante particulares e, portanto, precisam ser estudados separadamente, a fim de definir uma melhor estratégia para

abordá-los. Neste sentido, destaca-se o parâmetro de manuseio dos produtos que chegam e saem do local de armazenamento, pois ele pode ter efeito sobre os demais. Por exemplo, ao agilizar o despacho dos materiais, menos serão onerados os recursos necessários no processo, sejam eles humanos ou de equipamentos e, neste último caso, menor será o consumo de energia elétrica envolvido.

O tratamento destes parâmetros de custo é extremamente complexo e, portanto, tratar desta situação de maneira genérica, ou seja, para qualquer indústria, além de complexo, seria ineficiente, pois cada ramo industrial possui suas características próprias no que se refere ao processo de estocagem. Desta forma, será adotado um estudo de caso, o que permitiu também, uma visão mais prática da situação.

Como estudo de caso foi escolhido o pátio de despacho de bobinas de aço da CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão. A empresa é hoje uma das maiores produtoras de aço semi-acabado do mundo, com uma produção anual de 5 milhões de toneladas, dividida entre a produção de placas e bobinas de aço (CST, 2004). Com base nestes números, é fácil observar que há um fluxo intenso de materiais nos pátios de despacho e a utilização de ferramentas que auxiliem na redução dos custos envolvidos nestas áreas podem ser de grande ajuda.

Os pátios de despacho são as áreas onde as bobinas de aço ficam armazenadas antes de serem despachadas para os clientes ou empresas para onde a CST envia seus produtos para serem beneficiados. Nestas áreas, as bobinas podem ser empilhadas em até três camadas, como visualizado na Figura 1. Este empilhamento, juntamente com o trajeto realizado pelos equipamentos são dois parâmetros responsáveis pelo aumento da complexidade no processo de despacho.

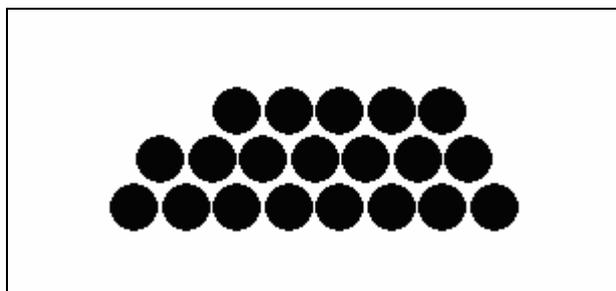


Figura 1: Vista lateral de uma coluna de um pátio com bobinas empilhadas em três camadas

Existem várias maneiras de se posicionar as bobinas em um pátio. Além disso, o fluxo de entrada e saída de materiais é intenso. A questão é: qual a melhor maneira de se fazer isso. O grau de complexidade deste problema é muito alto e quando são propostas soluções sem o auxílio de uma ferramenta informatizada, alocações ineficientes podem ser adotadas com frequência.

1.1 OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

O objetivo desta dissertação é apresentar a aplicação de um algoritmo de otimização em um problema real, neste caso, do contexto siderúrgico, e para tal, foi desenvolvida uma ferramenta que, com base em um plano de produção e despacho de bobinas e levando-se em consideração um conjunto de restrições, seja capaz de produzir um plano de alocação para estes materiais nos pátios, de forma que seja acelerado o processo de despacho de materiais, através da minimização do número de movimentações internas em conjunto com a distância percorrida pelos equipamentos durante o processo de despacho. Dada a complexidade e natureza combinatorial do problema, observa-se que a utilização de algoritmos que obtenha uma solução ótima demanda um tempo muito elevado de processamento. Desta forma, procedimentos heurísticos tais como Busca Tabu, Bean Search são bastante indicados. Neste contexto, foi utilizado o algoritmo de Evolução Diferencial (ED). O problema em questão, assim como nos problemas de alocação de containers, corresponde a definir a melhor posição dos materiais que chegam ao pátio, de forma a minimizar o número de movimentações internas durante o processo de despacho.

Embora não tenham sido encontradas referências que abordem este problema no contexto de pátios de bobinas de aço, várias outras relacionadas ao problema de alocação de containers em pátios podem ser citadas, como por exemplo, em Kim et al. (2000) que faz uso de algoritmos de programação dinâmica para minimizar o número de movimentações de realocação durante o despacho; Preston e Kozan (2001) que utiliza algoritmos genéticos para minimizar o tempo de despacho escolhendo melhores posições para alocá-los quando chegam ao pátio; Kim e Kim (1999 A) que sugere uma metodologia baseada em Relaxação Lagrangeana para minimizar o número de realocações durante a retirada do pátio de containers importados.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, os quais apresentam desde a descrição até os testes computacionais realizados a partir do algoritmo adotado para solucionar o problema. Nos parágrafos seguintes estão destacados os conteúdos de cada capítulo.

O capítulo 2 apresenta uma descrição detalhada sobre o problema que este trabalho se propõe a resolver, familiarizando o leitor no contexto de produção, armazenamento e despacho de bobinas de aço.

O capítulo 3 descreve a solução adotada para resolver o problema, com foco no estudo de caso. O algoritmo utilizado e sua adaptação para resolver o problema também são discutidos.

O capítulo 4 apresenta os testes numéricos realizados a partir da ferramenta implementada para o estudo de caso.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e os indicativos de projetos futuros.

Por fim, nos anexos A e B podem ser visualizados os formatos dos arquivos de entrada e saída da ferramenta desenvolvida, e no anexo C está disponibilizada o plano de alocação de bobinas para um determinado dia, gerado pela ferramenta implementada.

2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

“O futuro não pode ser previsto, mas pode ser inventado”

J. B. S. Haldane

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma descrição detalhada do problema para o qual esta dissertação propõe uma solução. Primeiramente será feita uma contextualização na área siderúrgica e, em seguida, um detalhamento do problema, com foco no estudo de caso.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO NA ÁREA SIDERÚRGICA

Uma das maiores conquistas da humanidade foi, sem sombra de dúvida, a descoberta do fogo. Com esta descoberta, o homem passou a controlar elementos que, até então, eram arduamente manipulados, como por exemplo, o ferro. Muitos defendem a hipótese de que o homem descobriu o ferro, por volta de 6.000 a 4.000 anos a.C. Ele teria surgido por acaso, quando pedras de minério de ferro usadas para proteger uma fogueira, depois de aquecidas, se transformaram em bolinhas brilhantes. Posteriormente, foi percebido que estas bolinhas poderiam ser moldadas formando um material resistente. Aos poucos, o ferro passou a ser usado com mais frequência, a partir do momento em que se descobriu como extraí-lo de seu minério (IBS, acesso em 01 out. 2006).

Com o passar dos anos, novas técnicas foram desenvolvidas possibilitando a obtenção de ferro em estado líquido, porém a grande mudança só ocorreu em 1856 quando se descobriu como produzir aço. (IBS, acesso em 01 out. 2006)

Aços são ligas metálicas de ferro e carbono, com percentuais deste último variando entre 0,03 e 2,00% (WIKIPÉDIA, acesso em 01 out. 2006). É mais resistente que o

ferro fundido e serve de matéria-prima para várias indústrias, sendo as principais, a automobilística e a de construção civil.

Com o surgimento do aço, apareceram também as siderúrgicas que são as indústrias dedicadas à fabricação e tratamento deste material. Dentre os produtos gerados por elas, podemos citar:

- Placas de aço
- Bobinas laminadas a quente (BQ)

A placa de aço é um produto semi-acabado, oriundo do processo de lingotamento contínuo, que requer novos processos antes de ser efetivamente utilizada. Na Figura 2 pode-se observar todo o processo de fabricação de placas de aço, bem como as unidades de produção envolvidas no processo. Dentre elas podemos destacar a coqueria, que utilizando o carvão mineral, produz o coque, que é o combustível do alto forno. O alto forno é o equipamento onde é produzido o gusa, que diferencia do aço pelo alto teor de carbono. Gerado o gusa, ele é encaminhado para o convertedor ou unidade de refino primário, onde o gusa é transformado em aço. Em seguida, o aço poderá passar pelas unidades de refino secundário com o objetivo de melhorar sua qualidade. Posteriormente o aço é enviado para a máquina de lingotamento contínuo, onde o aço líquido é transformado em placas de aço. Na Figura 3 pode ser visualizada uma placa de aço sendo produzida na máquina de lingotamento contínuo. Vale destacar que, apesar da figura apresentar todo o processo necessário para a produção do aço, o foco deste trabalho está voltado para a produção de bobinas.

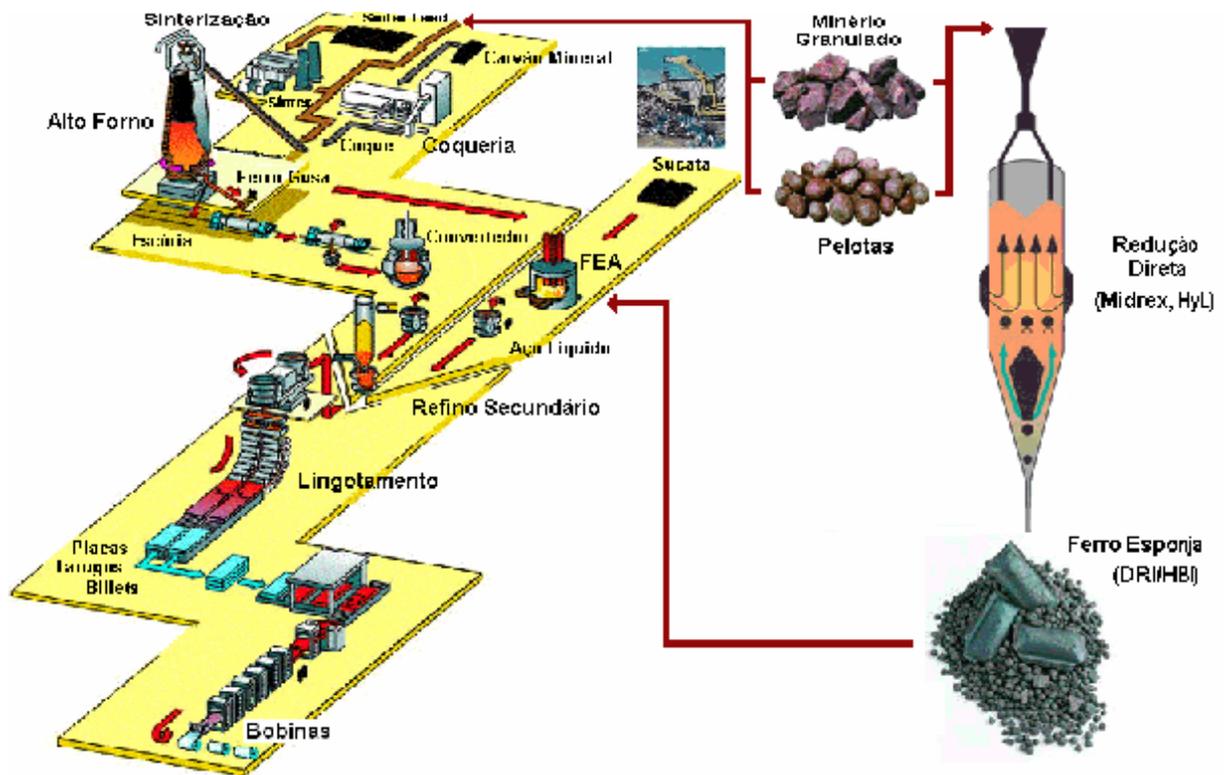


Figura 2: Processo de produção de placas e bobinas de aço

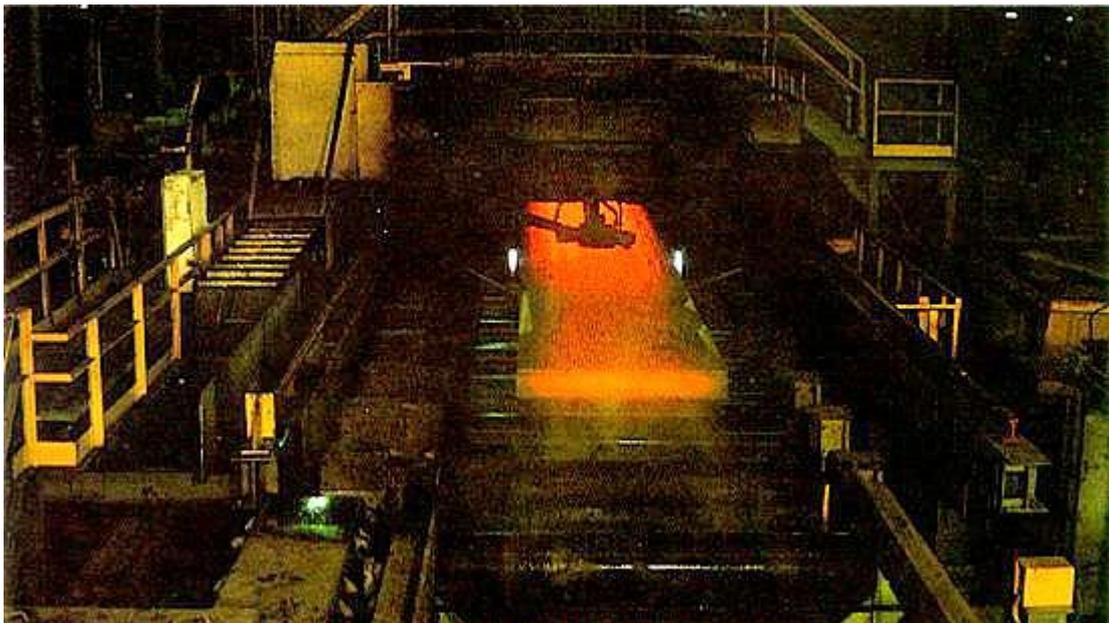


Figura 3: Placas de aço em produção

Um produto mais refinado, porém ainda considerado semi-acabado, originado da placa de aço, é uma bobina, que é o resultado do processo laminação de uma placa. Na Figura 4 pode ser visualizada uma simplificação deste processo, onde a placa,

ao passar pelos cilindros de laminação, tem sua espessura reduzida, sendo transformada em chapa de aço. Esta chapa é encaminhada para a bobinadeira, que é responsável por enrolá-la, gerando assim, uma bobina, conforme a Figura 5.

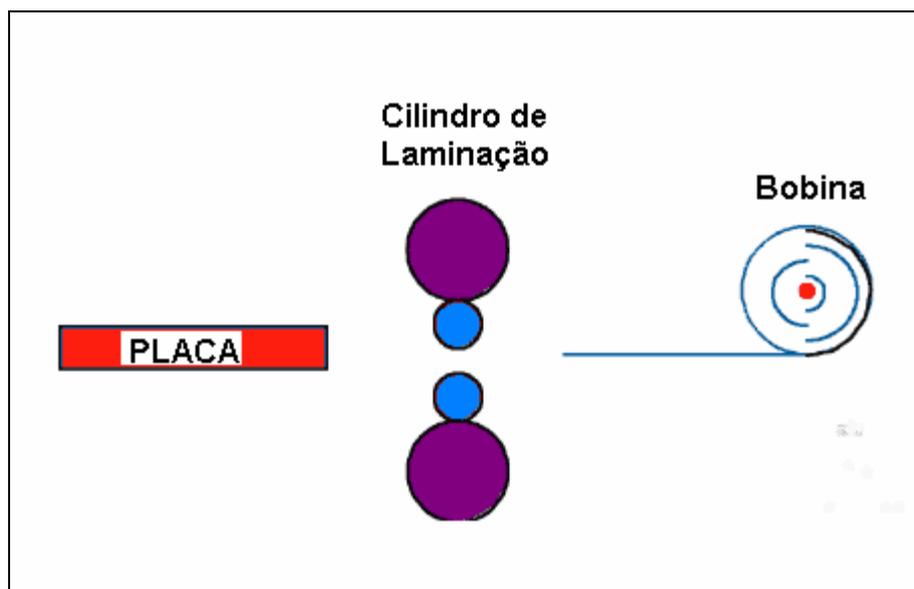


Figura 4: Laminação de placa de aço



Figura 5: Bobinas de aço

2.2 ESTUDO DE CASO: PÁTIO DE DESPACHO DE BOBINAS DE AÇO

O processo de produção de uma bobina começa quando o cliente inicia sua conversa com o vendedor da siderúrgica. Dessa conversa, surge a chamada consulta, através da qual a empresa estudará a viabilidade técnica para a produção do material solicitado pelo cliente.

Após a análise da consulta, e aprovação por parte das diversas áreas envolvidas, é gerado o pedido. Em seguida, é enviado ao cliente um documento especificando o pedido e, após sua resposta, indicando estar de acordo com o especificado, ele é liberado para a produção.

Após a liberação para a produção, é realizado um planejamento para determinar quando o pedido será produzido, ou seja, quando serão vazadas as placas a serem laminadas para gerar as bobinas que atenderão ao pedido do cliente. Estas placas são vazadas em uma unidade de produção chamada Aciaria, utilizando um equipamento denominado Máquina de Lingotamento Contínuo.

Vazadas as placas, elas podem seguir dois fluxos distintos:

- Condicionamento de placas
- Pátio de entrada do Laminador de Tiras a Quente (LTQ)

O condicionamento de placas é a área onde as placas produzidas são inspecionadas e, quando necessário, ajustadas para atender aos requisitos do cliente, caso seja uma placa para venda, ou devido a restrições do LTQ. O LTQ corresponde ao equipamento utilizado para transformar a placa em bobina. Depois de condicionadas, as placas a serem laminadas são encaminhadas para o pátio de entrada do LTQ para, no momento certo, serem laminadas.

Após a laminação, a bobina gerada é enviada para o pátio de resfriamento, onde permanecerá até que sua temperatura se iguale a do ambiente.

Após o resfriamento do material, ele estará pronto para ser despachado ou ser encaminhado para a próxima linha de produção. No primeiro caso, a bobina é enviada para um pátio de despacho onde ela será embalada para então, ser transportada para o cliente. E no segundo caso, ela é enviada para o pátio de entrada da linha de acabamento (LA) ou para o pátio de entrada da linha de tesoura (LT).

Depois de passar pela linha de produção, LA ou LT, o material vai para o pátio de saída da linha e posteriormente, é enviado para um pátio de despacho ou para o pátio de entrada de alguma linha de produção, dependendo da rota de produção estabelecida para a bobina.

Como descrito anteriormente, há três tipos de pátios: de Resfriamento, de Processo e de Despacho. O de Resfriamento é o local onde os materiais permanecem até que

sua temperatura se iguale a do ambiente. O de Processo é o local de armazenamento intermediário, onde os materiais são disponibilizados, temporariamente, antes ou após o processamento em uma linha de produção. E o de Despacho é o local onde as bobinas são armazenadas para serem despachadas.

Cada um deles possui suas especificidades. No entanto, esta dissertação está focada nos pátios de despacho de materiais (Figura 6).



Figura 6: Pátio de despacho de bobinas

O pátio é dividido em alas e colunas. A Figura 7 representa a vista superior de um pátio de despacho, que neste caso, tem suas alas enumeradas de 01 a 09 e suas colunas de 01 a 22, uma área onde os caminhões ou vagões são estacionados para aguardar o carregamento.

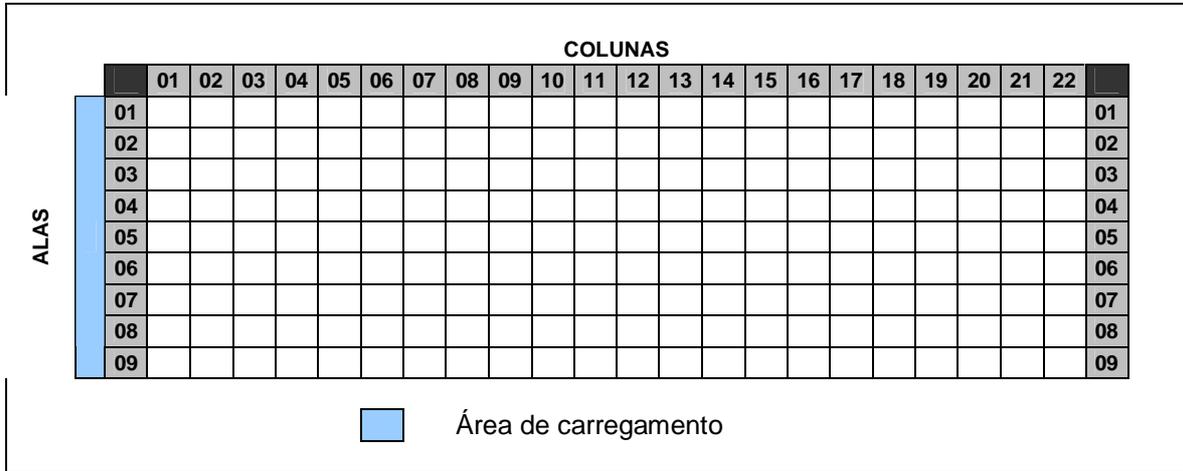


Figura 7: Vista superior de um pátio

Além disso, as bobinas podem ser empilhadas em até 3 camadas, como pode ser visualizado na Figura 8. Logo, o endereço de uma bobina no pátio é dado pelas coordenadas x, y, z, que correspondem ala, coluna e camada, respectivamente. Além disso, pode-se observar que na camada 2 há uma ala a menos que na 1, e na camada 3 há uma ala a menos que na 2.

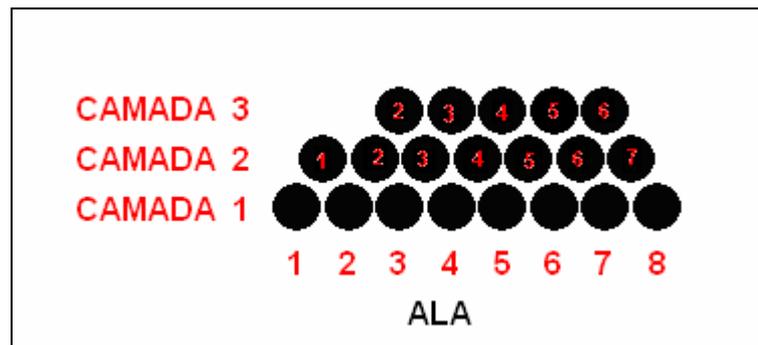


Figura 8: Vista lateral de um pátio

Cada pátio possui áreas preferenciais para alocar bobinas de acordo com o modal (rodoviário, ferroviário ou marítimo) a ser utilizado para transportá-las até o cliente. Por exemplo, no pátio da Figura 9, da coluna 01 até a 14 são colocadas, preferencialmente, bobinas de transporte rodoviário e da coluna 15 até a 22, bobinas de transporte ferroviário.

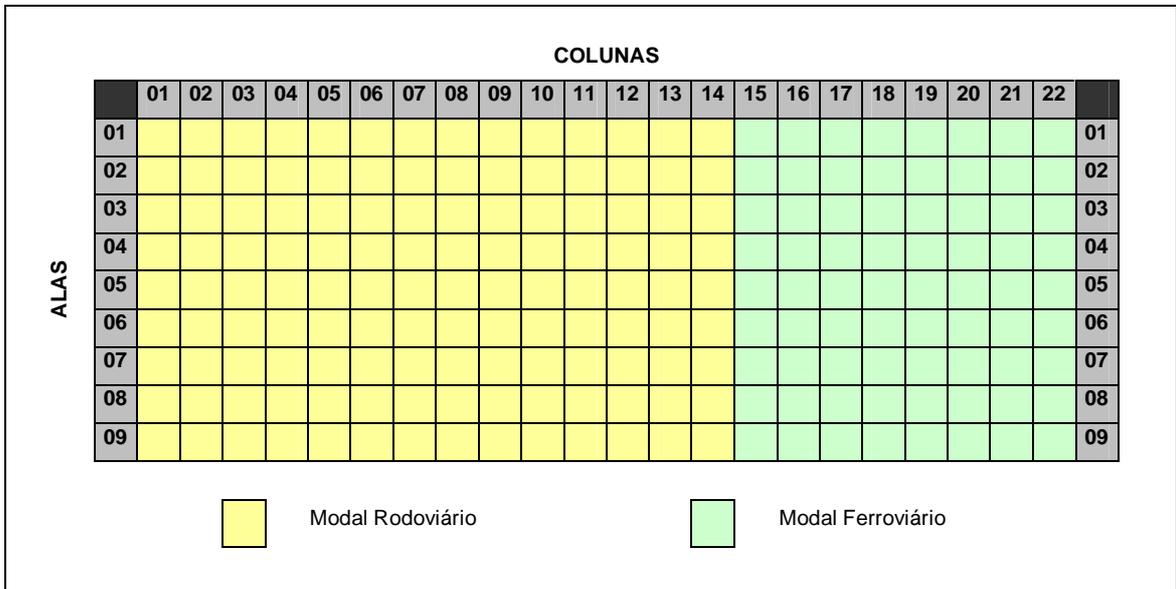


Figura 9: Vista superior de um pátio com áreas separadas por modal de transporte

Além disso, bobinas de baixo peso não devem estar sob bobinas pesadas, pois isso poderia danificar a bobina da camada inferior, e por questões de segurança, bobinas de níveis inferiores devem possuir diâmetros semelhantes (as bobinas superiores podem rolar). Outra restrição, é que bobinas muito largas não podem estar em colunas e alas adjacentes, pois a garra da ponte rolante, equipamento que percorre toda a extensão do pátio com a função de alocar ou retirar bobinas, não conseguiria se posicionar para retirá-las ou alocá-las. Na Figura 10 pode ser visualizada a garra da ponte rolante se preparando para movimentar uma bobina.



Figura 10: Garra da ponte rolante se preparando para movimentar uma bobina

Quando uma bobina chega ao pátio, ela deve ser imediatamente alocada em uma determinada posição (ala, coluna e camada). Essa posição deve ser decidida levando-se em consideração, além das restrições anteriormente citadas, o fato de que no momento do despacho deve-se realizar o menor número de movimentações internas possível e a distância a ser percorrida pela ponte rolante. Por exemplo, no caso de se despachar a bobina destacada na cor azul (ala 4, camada 1) da Figura 11, é necessário movimentar para outra posição as cinco bobinas de cor verde localizadas acima dela. Estas movimentações de materiais de uma posição para outra dentro do mesmo pátio são denominadas movimentações internas.

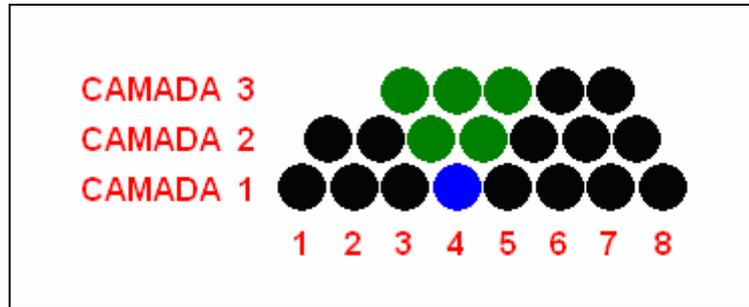


Figura 11: Visão lateral de um pátio com empilhamento de bobinas em 3 camadas. As bobinas em verde são que necessitam ser movimentadas para que a em cor azul seja despachada

Diminuindo o número de movimentações internas serão reduzidos:

- Risco de acidentes provocados pela queda de bobinas das garras da ponte rolante (Figura 12);
- Consumo de energia elétrica utilizada nos equipamentos do pátio;
- Custo de manutenção de equipamentos, já que serão menos utilizados;
- Tempo do despacho e conseqüentemente, o tempo de permanência de terceiros dentro da usina.



Figura 12: Bobina sendo movimentada pela garra da ponte rolante

Um inconveniente é que não se pode garantir qual a ordem de chegada e saída das bobinas nos pátios. Mesmo havendo um plano de produção e de despacho, estes não necessariamente são obedecidos. Estes planos têm a finalidade de prover às áreas internas da usina, informações que possibilitem o atendimento às demandas de produção, armazenagem e distribuição de bobinas.

Com o intuito de simplificar o problema serão consideradas apenas as previsões de chegada e saída das bobinas no pátio para definir sua melhor posição de alocação.

3 SOLUÇÃO PROPOSTA

“Deus quer, o homem sonha, a obra nasce”

Fernando Pessoa

Neste capítulo é apresentada a estratégia adotada para se desenvolver uma ferramenta que utiliza um algoritmo de otimização para auxiliar no gerenciamento de pátios de estocagem de materiais.

Primeiramente será discutida a estratégia de solução adotada bem como, o algoritmo utilizado e como ele foi adaptado para se obter um plano de alocação de bobinas no pátio e, posteriormente, a ferramenta desenvolvida.

3.1 ESTRATÉGIA DE SOLUÇÃO

Nesta seção são apresentados os passos necessários para se encontrar a solução do problema. Uma solução corresponde a um plano de alocação do pátio em um período de um dado número de dias. No algoritmo utilizado para a geração deste plano são geradas várias soluções iniciais, ou seja, vários planos de alocação para um período pré-estabelecido (Figura 13), e a partir daí, busca melhorar tais soluções utilizando uma estratégia especial. Melhorar uma solução significa diminuir seu custo, que neste caso corresponde a reduzir o número de movimentações internas e a distância percorrida pela ponte rolante realizada durante os despachos ocorridos no período de planejamento.

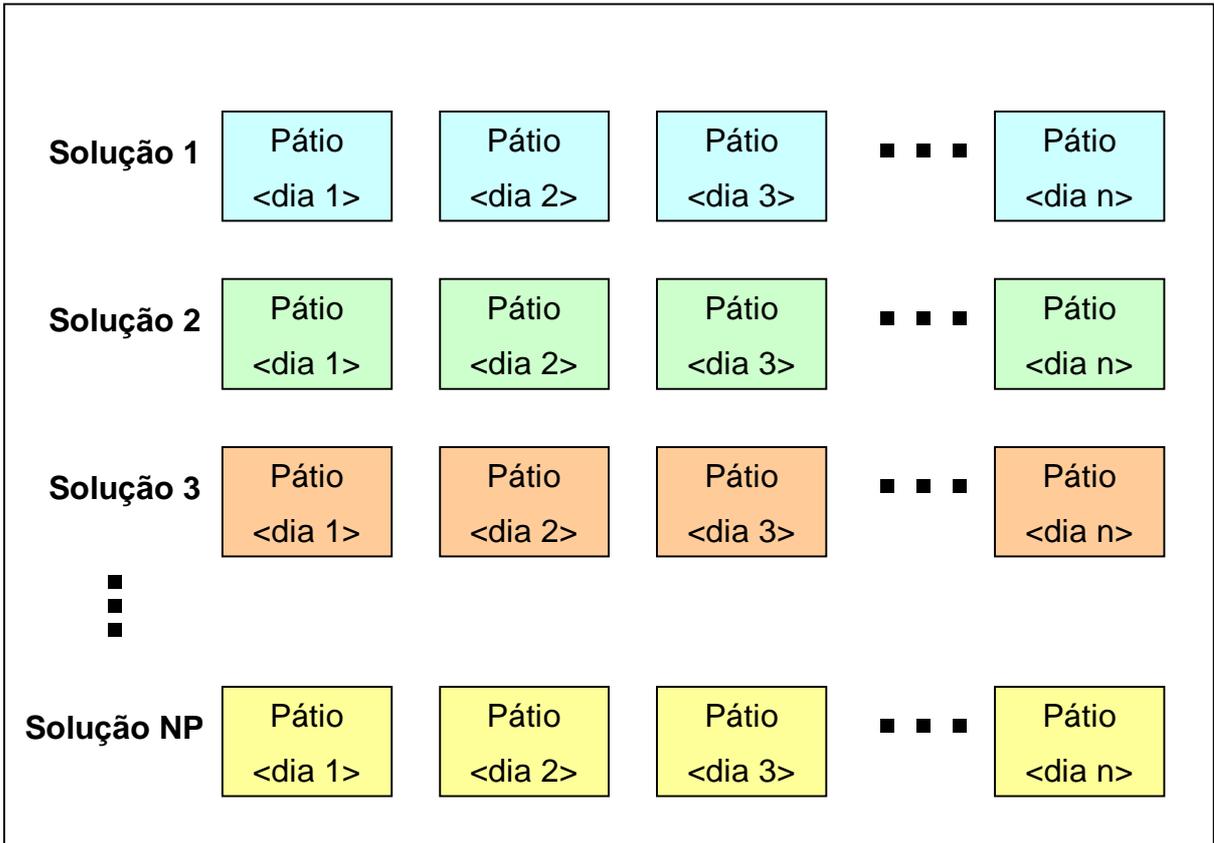


Figura 13: NP planos de alocação do pátio para um período de n dias de planejamento

3.1.1 Obtenção do Custo da Solução

Como mencionado no capítulo anterior, durante o processo de despacho de uma bobina, dependendo de sua posição no pátio, pode ser necessária a realização de até cinco movimentações extras para que ela seja despachada. Por exemplo, para se despachar a bobina em azul da Figura 14, não ocorrerão movimentações internas, pois não existem bobinas sobre ela. Já na Figura 15, será necessário retirar duas bobinas que estão sobre ela. E por fim, na Figura 16, que corresponde ao pior caso, serão necessárias cinco movimentações extras.

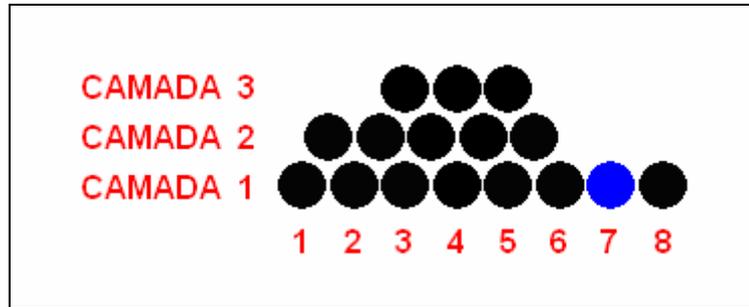


Figura 14: Visão de uma coluna do pátio, para mostrar que ao despachar a bobina em azul não será necessário a realização de movimentações internas

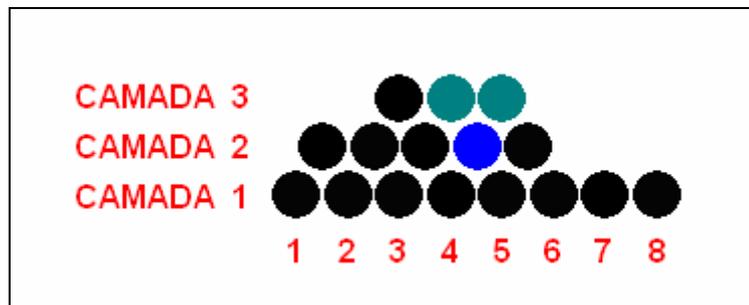


Figura 15: Visão de uma coluna do pátio, para mostrar que ao despachar a bobina em azul será necessário a realização de duas movimentações internas

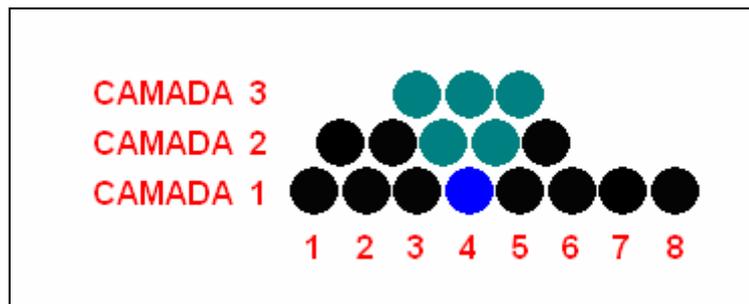


Figura 16: Visão de uma coluna do pátio, para mostrar que ao despachar a bobina em azul será necessária a realização de cinco movimentações internas. Este corresponde ao pior caso

O custo de se despachar estas bobinas corresponde ao número de movimentações internas realizadas durante seu despacho somado ao deslocamento da ponte rolante até a área de carregamento, conforme fórmula a seguir:

$$C_{Despacho}(i) = M(i) + D(i),$$

onde :

- i = Índice da bobina a ser despachada;
- $C_{Despacho}(i)$ = Custo de despacho da bobina i ;
- $M(i)$ = Número de movimentações internas para despachar a bobina i ;
- $D(i)$ = Distancia percorrida pela ponte rolante para despachar a bobina i ;

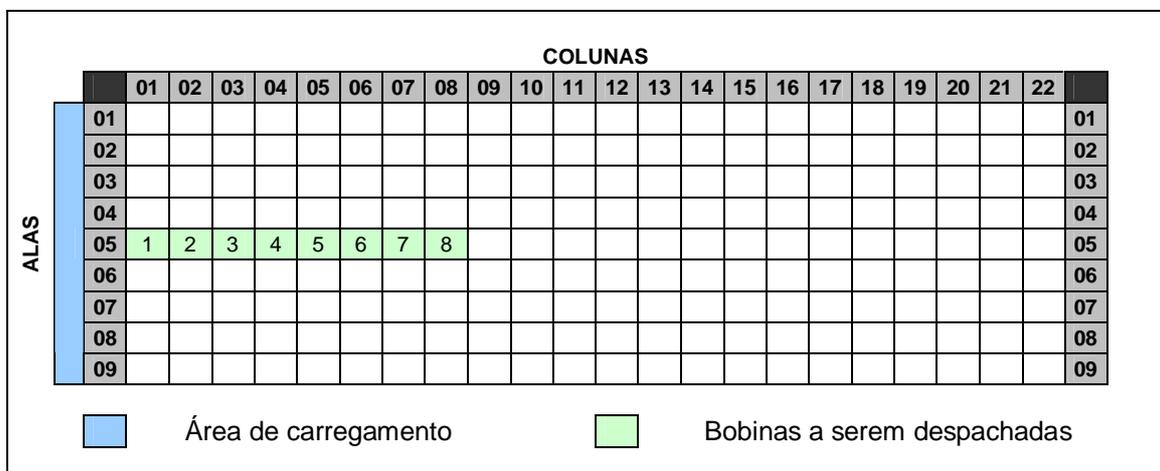


Figura 17: Visão superior do pátio para mostrar a distância percorrida de ponte rolante até a área de despacho

Supondo que as bobinas citadas anteriormente estejam na ala 05, conforme a figura Figura 17, os custos nas três situações das figuras Figura 14, Figura 15 e Figura 16 podem ser visualizados na Tabela 1, a seguir:

Situação	Movimentações Internas	Distancia Percorrida Ponte Rolante	Custo Total
Figura 14	0	7	7
Figura 15	2	4	6
Figura 16	5	4	9

Tabela 1: Custo de despacho x Situação de despacho

Durante um determinado dia, várias bobinas são despachadas. Logo, o custo de um plano de alocação para um determinado dia pode ser descrito conforme a seguinte fórmula:

$$C_{Plano}(d) = \sum_{i=1}^{n(d)} C_{Despacho}(i),$$

onde :

$$\left\{ \begin{array}{l} d = \text{Dia planejado;} \\ i = \text{Índice da bobina a ser despachada;} \\ n(d) = \text{Quantidade de bobinas a serem despachadas} \\ \quad \text{no dia } d; \\ C_{Despacho}(i) = \text{Custo de despacho da bobina } i; \\ C_{Plano}(d) = \text{Custo do Plano de Alocação para o dia } d; \end{array} \right.$$

Supondo que, no dia (d), as bobinas que serão despachadas são as de cor azul das Figuras Figura 14, Figura 15 e Figura 16, o custo do plano de alocação deste dia será:

$$C_{Plano}(d) = 7 + 6 + 9 = 22$$

Tendo em vista que a melhor solução é aquela que possui o menor custo para o despacho durante todo o período de planejamento, o custo de uma solução pode ser descrito conforme a fórmula seguinte:

$$C_{Solução} = \sum_{d=1}^{N_{dias}} C_{Plano}(d),$$

$$\text{onde : } \left\{ \begin{array}{l} d = \text{Dia de planejado;} \\ N_{dias} = \text{Número de dias de planejamento;} \\ C_{Plano}(d) = \text{Custo do plano de alocação de bobinas} \\ \quad \text{para o dia } d; \\ C_{Solução} = \text{Custo da solução.} \end{array} \right.$$

3.1.2 Algoritmo de Evolução Diferencial (ED)

O algoritmo de evolução diferencial (ED), foi introduzido por Storn e Price em 1995 (STORN e PRICE, 1995) e desde então, vem sendo aplicado na resolução de vários problemas em diferentes áreas da engenharia como em Storn (1996), Thomas e Vernon (1997), Storn (1999), Lui (2002) e vários outros que podem ser encontrados em Lampinen (s.d.).

Este algoritmo é baseado no uso de uma população de NP indivíduos, onde cada um corresponde a uma solução do problema, que é mapeada em um vetor de números reais de dimensão D (Figura 18). Além disso, semelhante aos algoritmos genéticos, o de ED faz uso de operações como, crossover (recombinação), mutação e seleção, com o objetivo de construir melhores soluções.

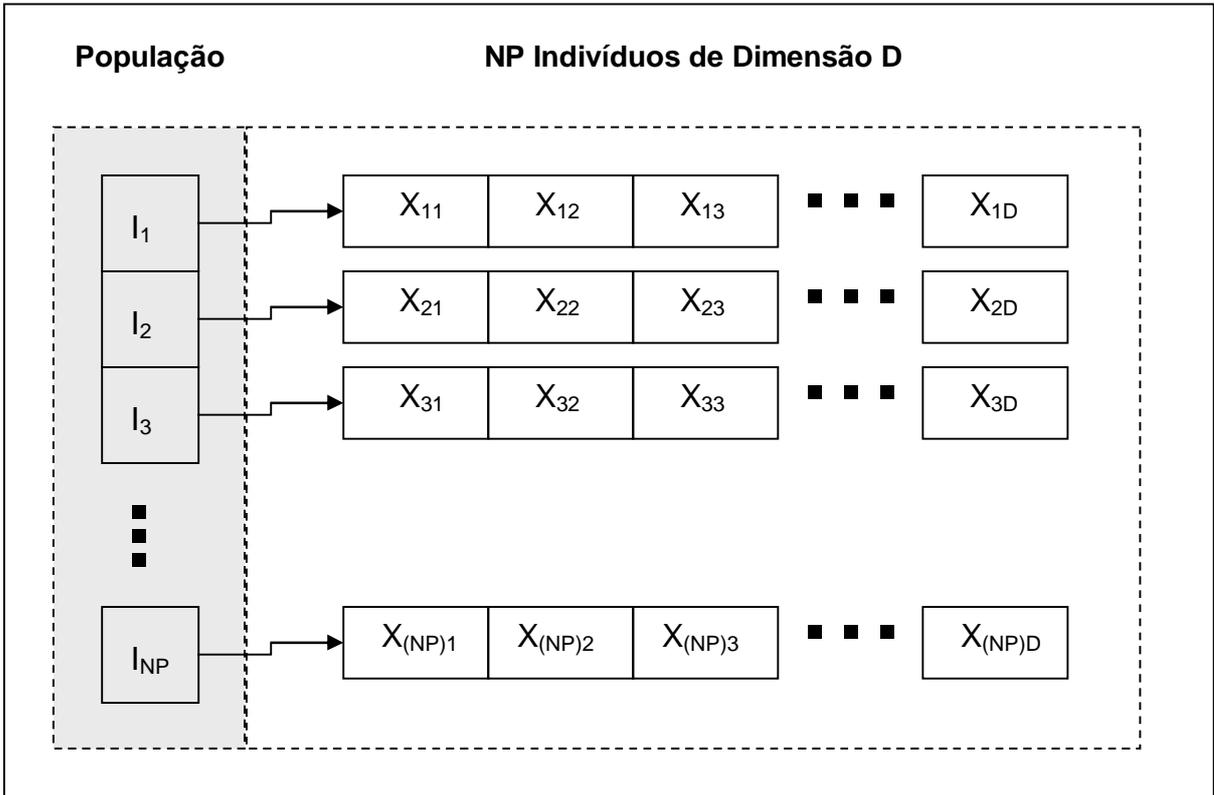


Figura 18: Uma população de NP Indivíduos de dimensão D

A seguir será apresentada uma breve explicação do algoritmo de Evolução Diferencial.

Inicialmente, é gerada uma população $P_{G=0}$ de NP vetores de números reais de dimensão D. Esta população é gerada com base nos limites iniciais $\vec{x}^{(lo)}$, $\vec{x}^{(hi)}$ e um número real gerado randomicamente ($rand_j[0,1]$).

$$\left. \begin{aligned} \forall i \leq NP \wedge \forall j \leq D: x_{i,j,G=0} &= x_j^{(lo)} + rand_j[0,1] * (x_j^{(hi)} - x_j^{(lo)}) \\ i &= \{1, 2, \mathbf{K}, NP\}, j = \{1, 2, \mathbf{K}, D\}, G = 0, rand_j[0,1] \in [0,1]. \end{aligned} \right\} \text{ Função de inicialização}$$

Após a inicialização, a população é submetida à repedidas gerações, $G = 1, 2, \dots, G_{max}$ de mutação, recombinação e seleção. O ED aplica a recombinação e a mutação para criar um novo “filho” ou vetor experimental $u_{i,j,G+1}$, para cada vetor “pai” $x_{i,j,G}$.

$r_1, r_2, r_3 \in \{1, 2, \mathbf{K}, NP\}$, randomicamente gerados, onde : $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq i$;
 $j_{rand} \in \{1, 2, \mathbf{K}, D\}$, randomicamente gerado para cada i ;

$$\forall j \leq D, u_{i,j,G+1} = \begin{cases} x_{r_3,j,G} + F * (x_{r_1,j,G} - x_{r_2,j,G}), & \text{Se } (rand_j[0,1] < CR \vee j = j_{rand}); \\ x_{i,j,G}, & \text{Caso contrário;} \end{cases}$$

Seleção:

$$\vec{x}_{i,G+1} = \begin{cases} \vec{u}_{i,G+1}, & \text{Se } f(\vec{u}_{i,G+1}) \leq f(\vec{x}_{i,G}); \\ \vec{x}_{i,G}, & \text{Caso contrário;} \end{cases}$$

Os índices r_1, r_2 e r_3 correspondem a índices de indivíduos da população, gerados randomicamente, diferentes entre si e diferentes do índice i , que representa índice do vetor corrente (indivíduo pai da população). Consequentemente, o tamanho da população deve ser maior que 3. Ambos, CR e F são variáveis de entrada. Como CR representa uma probabilidade, ela pertence a um intervalo entre 0 e 1. F , entretanto, é um fator escalar que tipicamente pertence ao intervalo (0,1). Pode-se observar que quando $rand_j[0,1]$ é menor que CR or se $j = j_{rand}$, o elemento filho gerado é uma combinação linear de três vetores escolhidos randomicamente; caso contrário, o elemento filho é herdado diretamente de seu pai. A condição " $\vee j = j_{rand}$ " é incluída para garantir que os vetores filhos serão diferentes de seus pais em pelo menos um elemento.

Depois de gerado, o vetor filho tem seu custo avaliado via função objetivo e seu custo é comparado com o de seu pai. Se o vetor filho tem um custo menor ou igual ao de seu pai, ele substitui o pai na população; caso contrário, o vetor pai é mantido na população. A equação abaixo ilustra esta decisão:

$$\vec{x}_{i,G+1} = \begin{cases} \vec{u}_{i,G+1}, & \text{Se } f(\vec{u}_{i,G+1}) \leq f(\vec{x}_{i,G}); \\ \vec{x}_{i,G}, & \text{Caso contrário;} \end{cases}$$

Após ter sido definido qual o indivíduo que permanecerá na população (o próprio pai ou o filho gerado), o ciclo evolucionário no ED se repetirá para cada indivíduo G_{max} vezes.

Na Figura 18 é visualizado o procedimento explicado anteriormente, em uma representação compactada do algoritmo de Evolução Diferencial. Maiores detalhes podem ser encontrados em Corne et al. (1999).

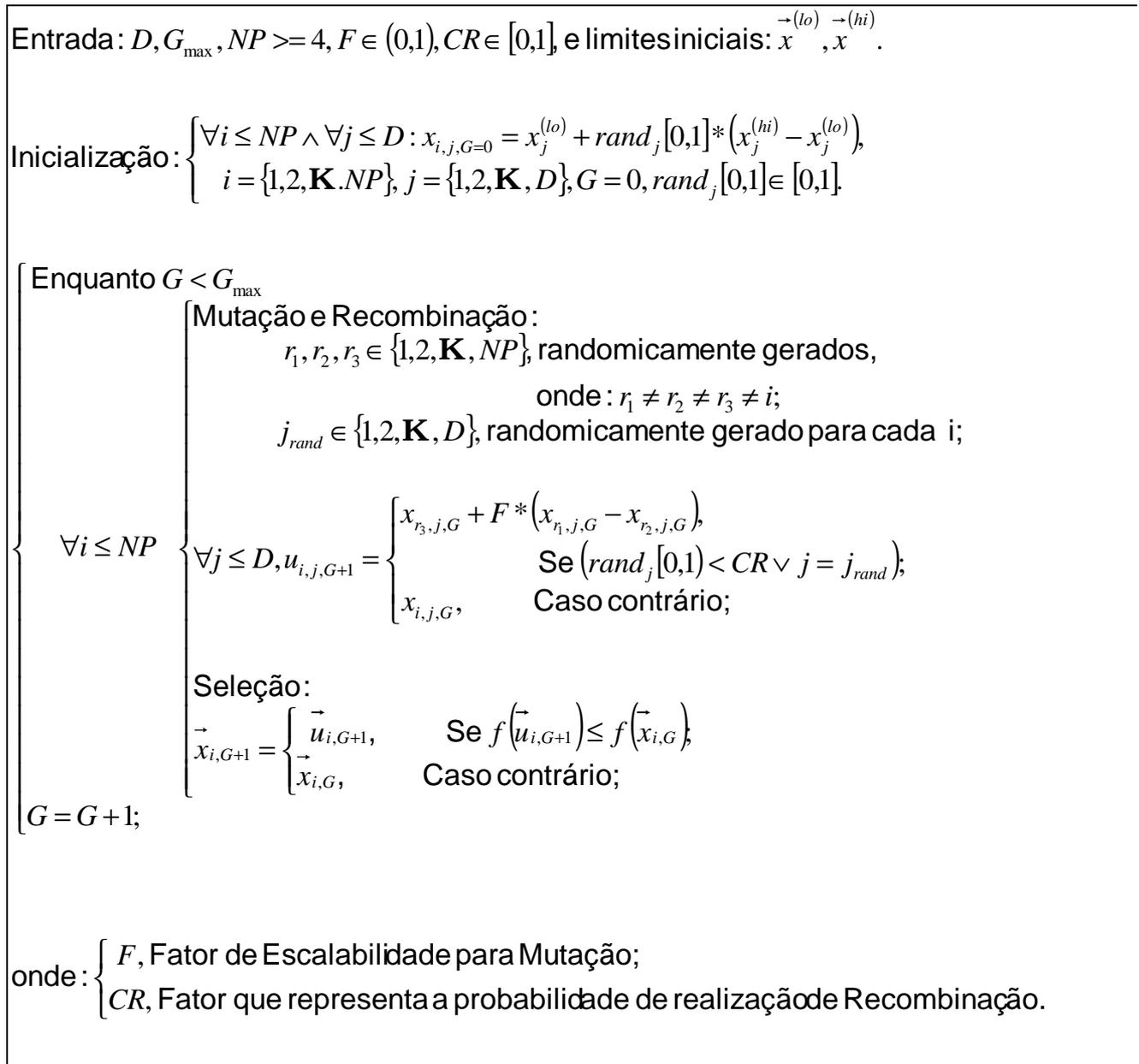


Figura 19: Algoritmo de Evolução Diferencial

A seguir, será apresentado como este algoritmo foi adaptado para resolver o problema de alocação de bobinas no pátio de despacho.

3.1.3 Adaptação do Algoritmo de Evolução Diferencial ao Estudo de Caso

Como destacado no Lorenzoni et al. (2006), o algoritmo de Evolução Diferencial é frequentemente aplicado a problemas de otimização global com variáveis de decisão contínua, mas com o uso de técnicas específicas de implementação, pode ser adaptado a problemas de otimização combinatória. O problema em questão corresponde a um desses casos em que é necessária uma adaptação.

Como citado na seção 3.1.2, o ED trabalha com uma população de indivíduos em que cada um deles corresponde a um vetor de D números reais pertencentes ao intervalo $[0,1]$. No contexto deste problema, cada elemento deste vetor é mapeado num endereço de alocação (Figura 20) que será utilizado durante a geração do plano de alocação e cálculo do custo deste plano.

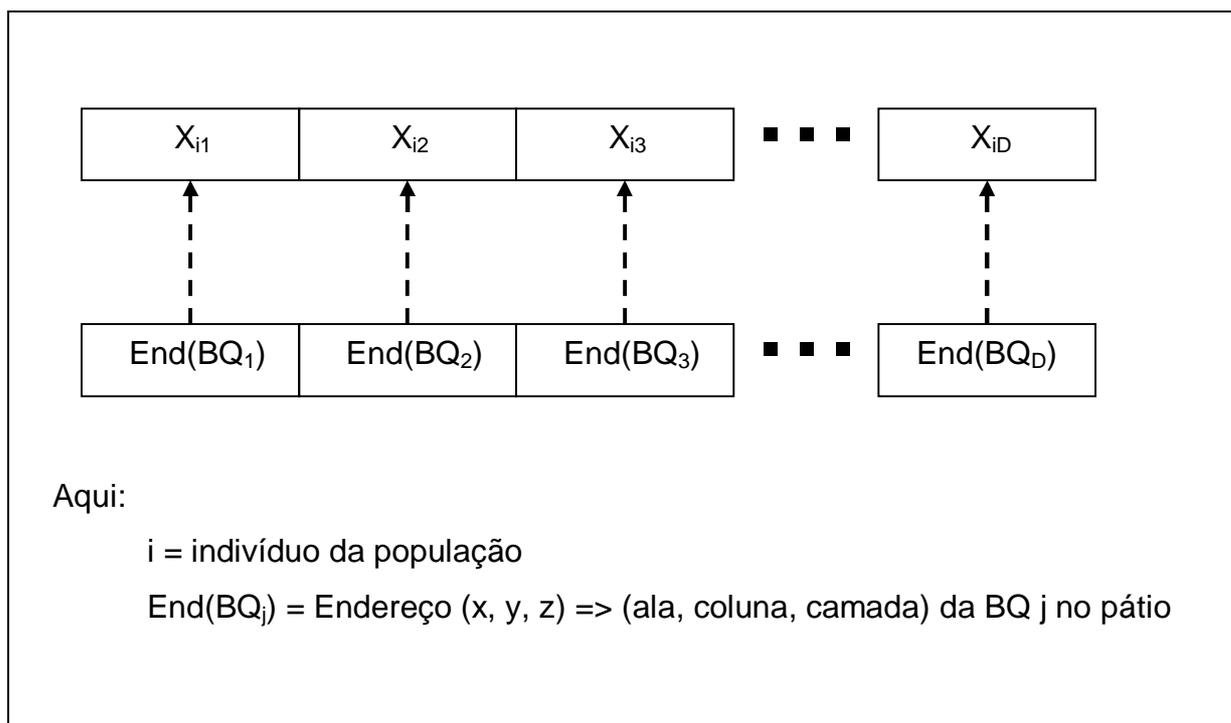


Figura 20: Mapeamento de um indivíduo da população no Endereço de cada BQ no pátio

Durante o cálculo do custo de um determinado indivíduo da população, segue-se a seguinte estratégia, mostrada na Figura 21:

1. $C_{\text{Solução}} = 0$
2. PARA cada dia d de Planejamento FAÇA:
 - 2.1. Obter a lista de bobinas a serem despachadas no dia d
 - 2.2. PARA cada bobina desta lista FAÇA:
 - 2.2.1. $C_{\text{Solução}} = C_{\text{Solução}} + C_{\text{Despacho}}(i)$
 - 2.2.2. Despachar Bobina (i)
 - 2.3. FIM PARA
 - 2.4. Alocar no pátio as bobinas com data prevista de chegada no dia d
 - 2.5. Armazenar a situação do pátio no dia d
3. FIM PARA

Onde:

$C_{\text{Solução}}$ = Custo da Solução para um período de Planejamento

C_{Despacho} = Custo de Despacho de uma BQ

Figura 21: Procedimento para geração e obtenção do custo de uma solução para um determinado período de planejamento

No procedimento descrito na Figura 21, o vetor de endereços é utilizado em dois momentos:

- Durante a alocação de bobinas, realizada no item 2.4
- Durante as movimentações internas, realizadas durante o processo de despacho no item 2.2.2

Ambos os casos, correspondem o processo de alocação de bobina. Este processo é realizado da seguinte forma:

1. Obtêm-se os endereços no pátio disponíveis para se alocar a BQ;
2. O intervalo $[0,1]$ é dividido em n_k subintervalos de mesmo comprimento, onde $n_k = n^{\circ}$ de endereços disponíveis para alocação;

3. Cada endereço é associado a um subintervalo. Desta forma, cada elemento do vetor de números reais (Figura 20) funciona como um ponteiro para um dos subintervalos, e conseqüentemente, para um endereço no pátio.

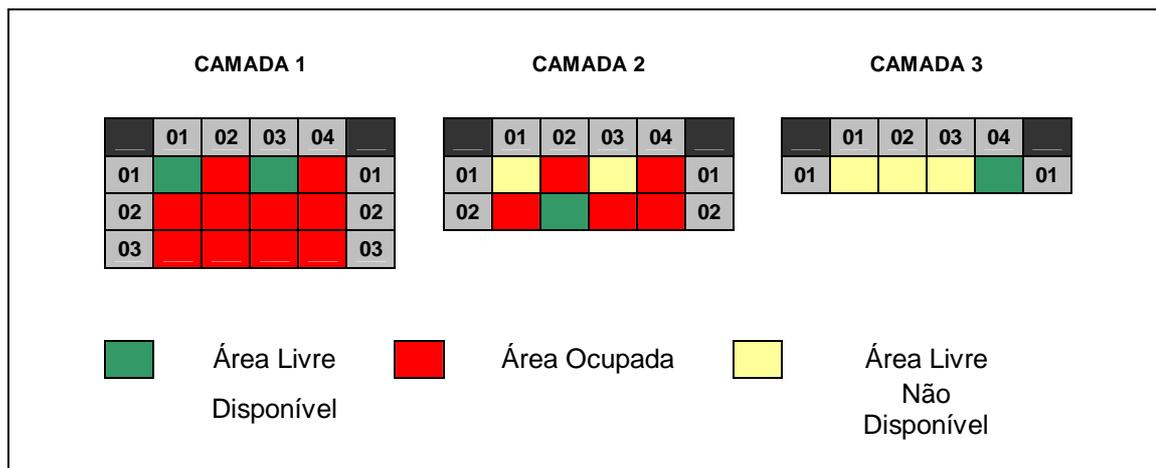


Figura 22: As três camadas de um pátio com suas áreas disponíveis para alocação

Por exemplo, no pátio da Figura 22, para se alocar uma determinada bobina (BQ_3) existem 4 endereços disponíveis: $End_1 = (01,01,01)$; $End_2 = (01,03,01)$; $End_3 = (02,02,02)$; $End_4 (01,04,03)$.

Neste caso, os subintervalos gerados são: $[0,0.25)$, $[0.25,0.5)$, $[0.5,0.75)$, $[0.75,1.0]$. Se, por exemplo, o componente do vetor correspondente a BQ_3 for igual a 0.34, o segundo endereço, $End_2 = (01,03,01)$, será utilizado. Após a alocação da BQ_3 o pátio se encontrará numa nova situação, conforme a Figura 23.

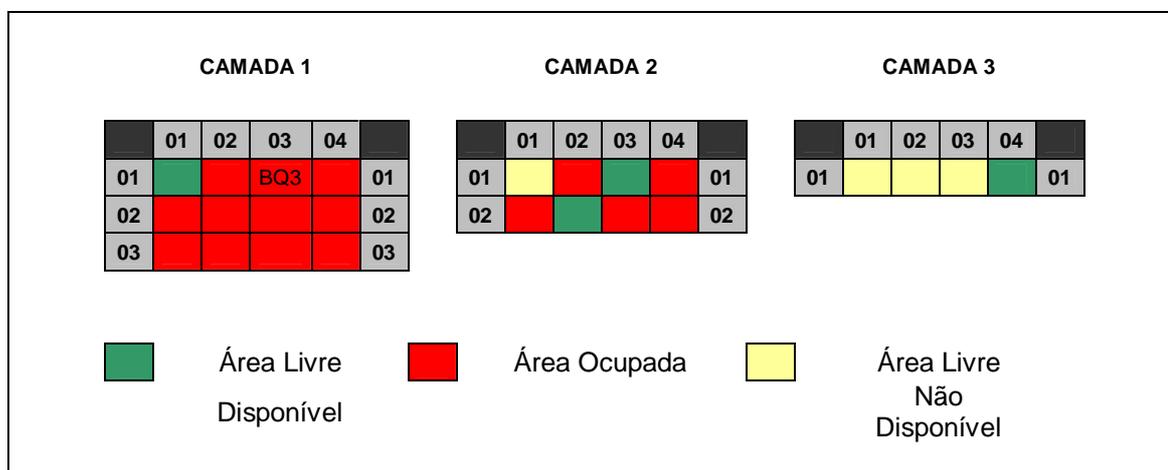


Figura 23: Pátio após a alocação da BQ3

O procedimento de escolha do endereço de alocação de uma bobina no pátio é ilustrado na Figura 24.

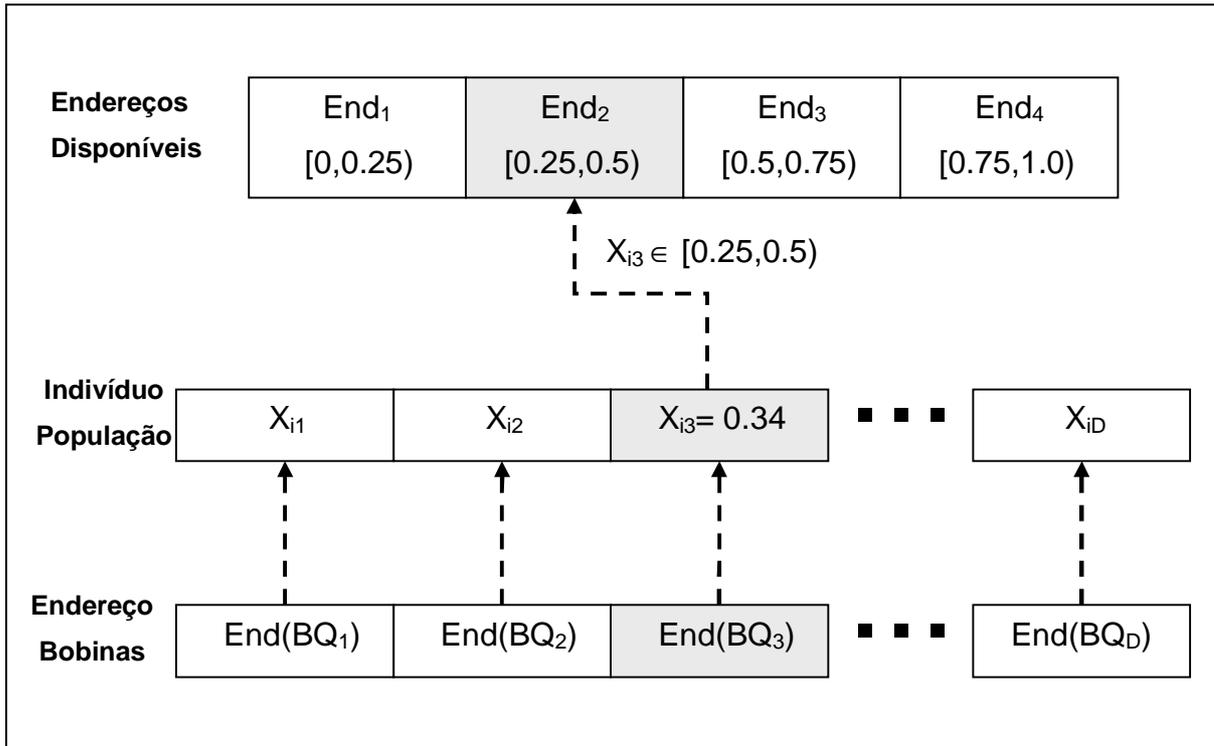


Figura 24: Seleção do endereço de alocação de uma BQ no pátio a partir de um indivíduo da população

Uma estratégia semelhante à apresentada na Figura 24 pode ser observada em Lorenzoni et al. (2006).

3.2 A FERRAMENTA DESENVOLVIDA

O objetivo da ferramenta desenvolvida é produzir um plano de alocação do pátio, ou seja, um mapa diário do pátio contendo a localização de cada bobina durante um período de planejamento pré-determinado (Figura 25). A vantagem desta ferramenta é que este plano gerado define uma posição de estocagem para os materiais que

chegam ao pátio, de forma de seja minimizado o número de movimentações internas necessárias para se despachar todas as bobinas no período planejado.

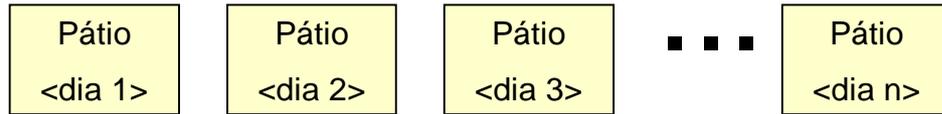


Figura 25: Plano de alocação para um período de planejamento de n dias

3.2.1 Parâmetros de Entrada e Saída da Ferramenta

A Figura 26 apresenta os parâmetros de entrada e a saída da ferramenta desenvolvida, que serão detalhados posteriormente.

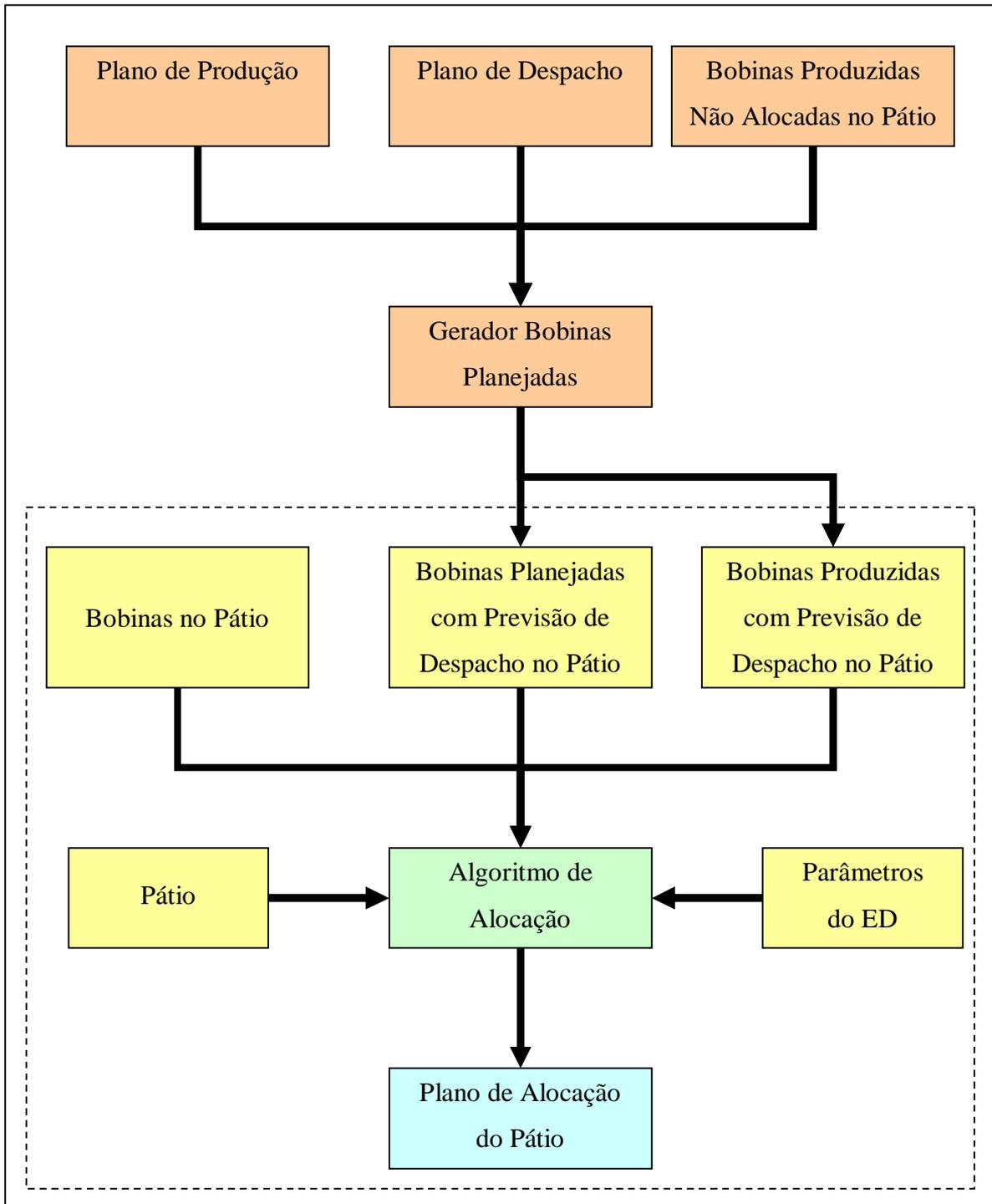


Figura 26: Esquema da ferramenta de geração de Plano de Alocação do Pátio

Esta ferramenta tem como parâmetros de entrada as seguintes informações:

- Tamanho do pátio (número de alas e colunas – o número máximo de camadas é 3)
- Período de planejamento
- Parâmetros do algoritmo de Evolução Diferencial

- Bobinas a serem despachadas do pátio

Os parâmetros do algoritmo são apresentados na Tabela 2 a seguir:

Parâmetro	Sigla
Tamanho da População	NP
Fator de escalabilidade (Mutaçãõ)	F
Fator probabilístico para recombinação (Crossover)	CR
Número máximo de gerações para população	G_{max}

Tabela 2: Parâmetros de Entrada Relacionados ao Algoritmo de Evolução Diferencial

As bobinas a serem despachadas do pátio podem ser dos seguintes tipos:

1. Bobinas que se encontram no pátio;
2. Bobinas já produzidas e com previsão de despacho do pátio;
3. Bobinas que ainda não foram produzidas, mas com previsão de despacho do pátio.

As bobinas referentes aos itens 1 e 2 são geradas com base em um Plano de Produção e de Despacho e nas BQ's que já foram produzidas mas ainda não se encontram em um pátio de despacho. Porém, o módulo responsável por gerar tais informações (Gerador de Bobinas Planejadas) não será tratado neste trabalho.

Como parâmetro de entrada para a ferramenta, além da identificação da bobina, devem ser informadas suas seguintes características:

- a. Número do Pedido
- b. Número do Item de Pedido
- c. Modal de Transporte (RO – Rodoviário, HI – Hidroviário, FE – Ferroviário)
- d. Peso
- e. Largura

- f. Cliente
- g. Endereço de Entrega
- h. Data Prevista de Chegada no Pátio
- i. Data Prevista de Saída no Pátio
- j. Data de Entrega
- k. Endereço da Bobina no Pátio (ala, coluna e camada)

Caso a bobina não esteja no pátio, o endereço informado deve ser: (-1 -1 -1).

Como saída da ferramenta é gerado um plano de alocação de bobinas no pátio, para cada dia de planejamento. Neste plano, o pátio é apresentado através da vista superior de suas três camadas. Além disso, o plano pode ser gerado em diversas visões: por identificação da bobina, cliente, pedido/item de pedido, peso, largura, data de entrega, data prevista de saída e por endereço de entrega. Na Figura 27, pode se observar uma visão por identificação da bobina para um período de 2 dias de planejamento:

Dia 29/10/2006												
Camada 1				Camada 2				Camada 3				
	01	02	03		01	02	03		01	02	03	
01	6A03952	6A06152	6A04811	01		6A05423	6A008231	01				
02	6305238	6A05734	6201055	02		69076491	6A004692	02		6908121		
03	6A06572	69076442	6A06674	03		69070053		03				
04	6A05425	6A05422	6A049152	04		6A057471		04				
05	6A016122	6A06552	6A053751	05	6A064612	6908103						
06	6A063841	6A043132										

Dia 30/10/2006												
Camada 1				Camada 2				Camada 3				
	01	02	03		01	02	03		01	02	03	
01	6A03952	6A06152	6A04811	01		6A05423	6A008231	01				
02	6305238	6A05734	6201055	02	6A036122	69076491	6A004692	02		6908121	6A05945	
03	6A06572	69076442	6A06674	03		69070053	69070891	03				
04	6A05425	6A05422	6A049152	04	6A018031	6A057471		04	69075281			
05	6A016122	6A06552	6A053751	05	6A064612							
06	6A063841	6A043132	69064551									

Figura 27: Plano de Alocação do Pátio para 2 dias de Planejamento em Visão por Identificação da Bobina. Vista Superior do Pátio de (6x3) para suas 3 Camadas

Nos Anexos A e B, podem ser visualizados o formato dos arquivos de entrada e das diversas visões de saída disponibilizadas pela ferramenta, e no anexo C, um dia de planejamento gerado pela ferramenta.

4 TESTES COMPUTACIONAIS

“Imaginação é mais importante do que conhecimento”

Albert Einstein

Este capítulo tem por objetivo demonstrar alguns resultados gerados pela ferramenta proposta, obtidos através de diferentes parametrizações aplicadas a uma mesma amostra de testes. Além disso, foi desenvolvido um algoritmo que realiza alocações aleatórias no pátio, para efeito de comparação com a ferramenta desenvolvida.

A ferramenta utilizada foi implementada na linguagem de programação C, no ambiente Microsoft Visual Studio, versão 6.0.

Todos os testes foram realizados utilizando uma amostra de testes com as seguintes características:

1. Pátio de dimensões 54x8, ou seja, 54 alas e 8 colunas
2. Visão de planejamento de 10 dias
3. Um total de 1600 bobinas a serem alocadas no pátio
4. Fluxo diário de materiais de uma média de 100 bobinas chegando e 100 saindo do pátio

Essa massa de testes foi submetida à ferramenta desenvolvida, utilizando uma máquina com as seguintes configurações:

- Processador Intel Pentium 4 de 1.4 Ghz, com 512 MB de RAM;

Vale destacar que não são estas as configurações ideais para execução de sistemas pesados, porém o foco deste estudo não está no tempo de resposta, mas sim no resultado obtido.

Na Tabela 3 a seguir, são visualizadas as parametrizações realizadas. Para cada uma delas executou-se a ferramenta 30 vezes, obtendo-se um valor médio, mínimo, máximo e um desvio padrão do custo da solução para cada uma delas.

Param.	NP	F	CR	G _{max}	Tempo Médio (HH:MM)	Custo			
						Mínimo	Maximo	Médio	Desvio Padrão
1	100	0,1	0,9	100	00:04	56080	57913	57068,97	397,80
2	100	0,1	0,9	500	00:22	55923	57240	56590,87	345,57
3	100	0,1	0,9	1000	00:41	53988	57042	56414,80	526,21
4	100	0,8	0,9	100	00:04	57988	60451	59411,30	583,93
5	100	0,5	0,9	100	00:04	56960	59879	58927,30	555,97
6	100	0,1	0,8	100	00:04	56766	58090	57461,40	347,00
7	100	0,1	0,5	100	00:04	55270	57796	56994,90	615,85
8	500	0,1	0,9	500	01:45	55104	56748	56116,33	442,03
9	100	0,4	0,5	100	00:04	57868	59368	58534,43	408,91

Tabela 3: Características das Parametrizações x Tempo e Custos da Solução Gerada

A seguir são apresentados os gráficos referentes a cada uma das nove parametrizações realizadas.

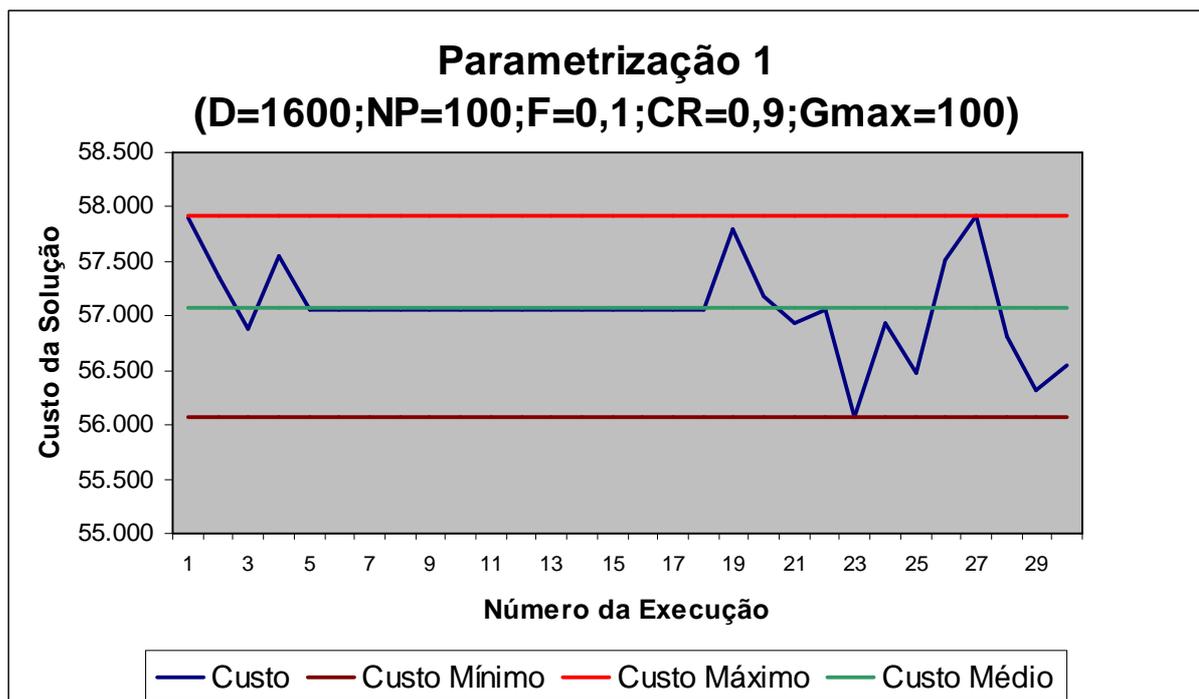


Figura 28: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 1

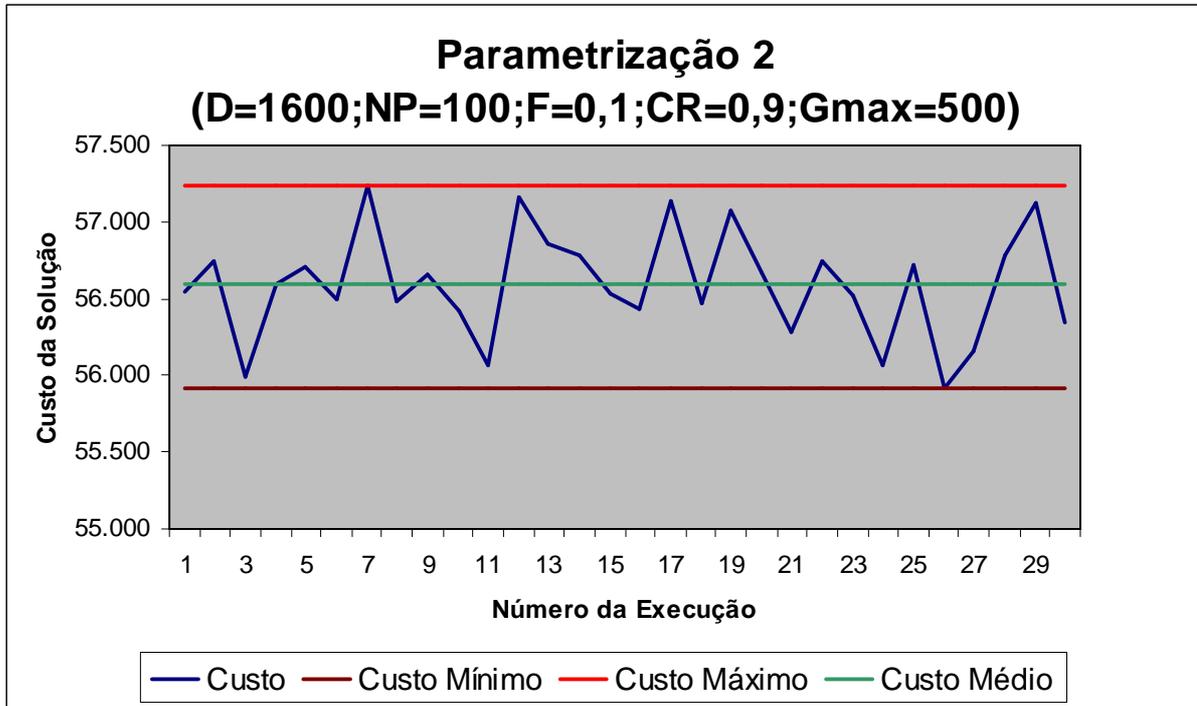


Figura 29: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 2

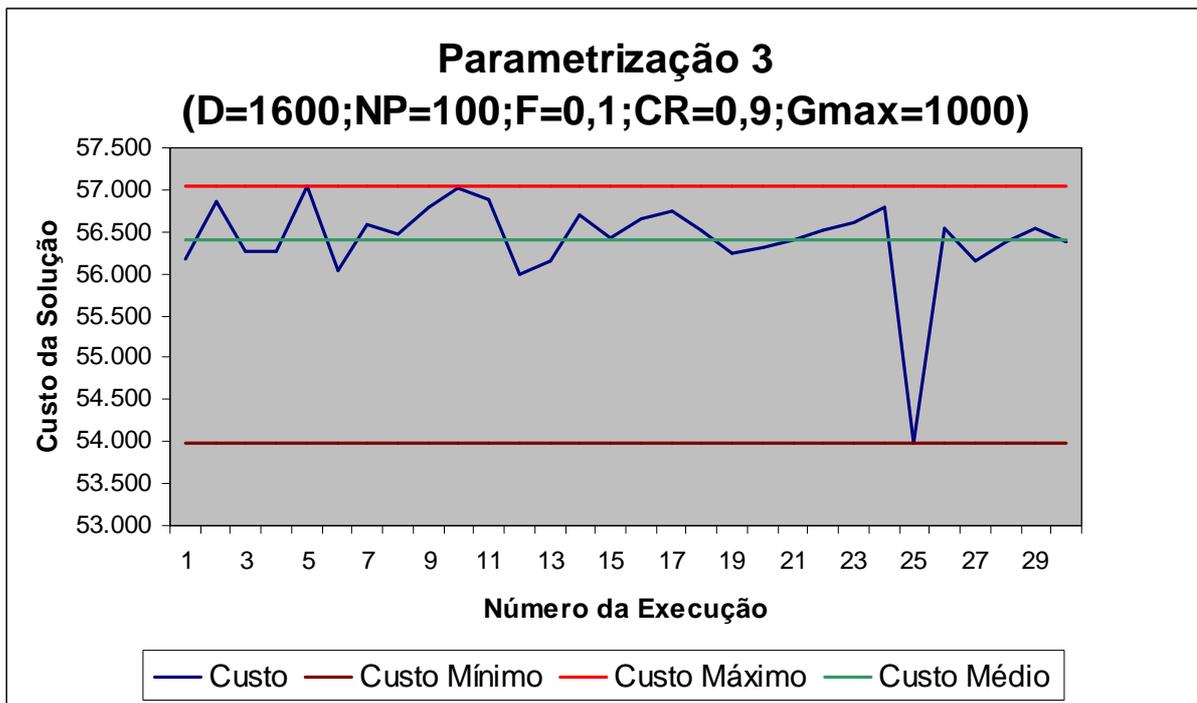


Figura 30: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 3

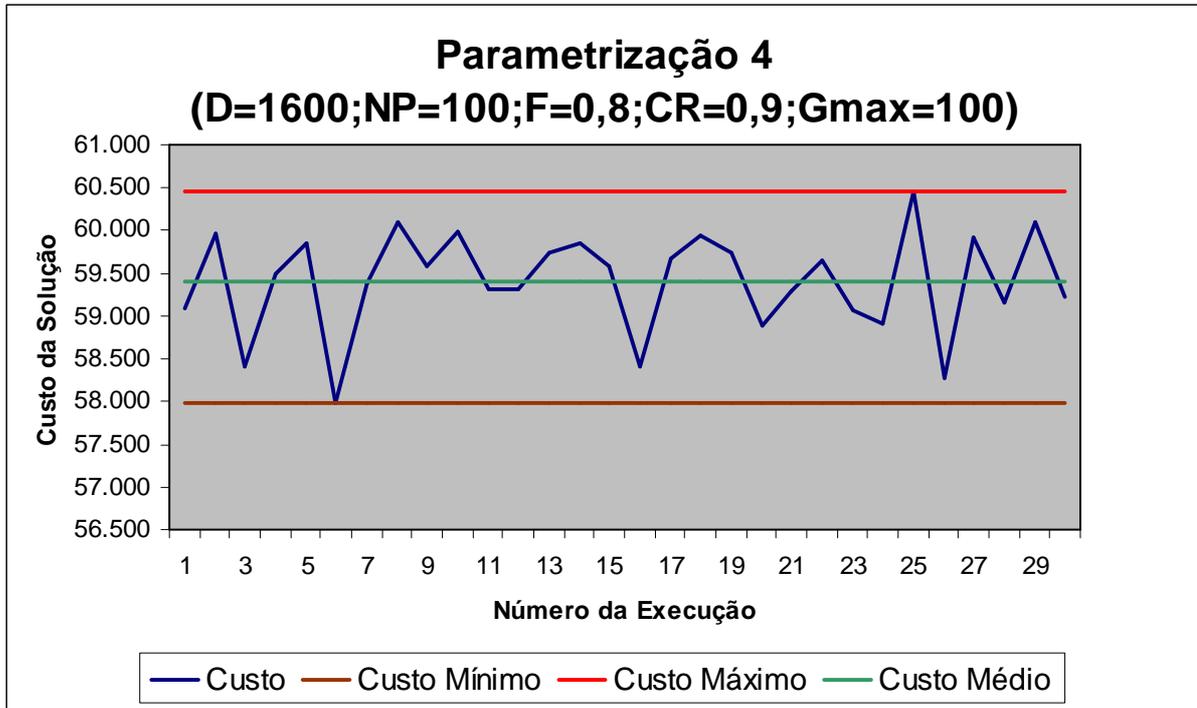


Figura 31: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 4

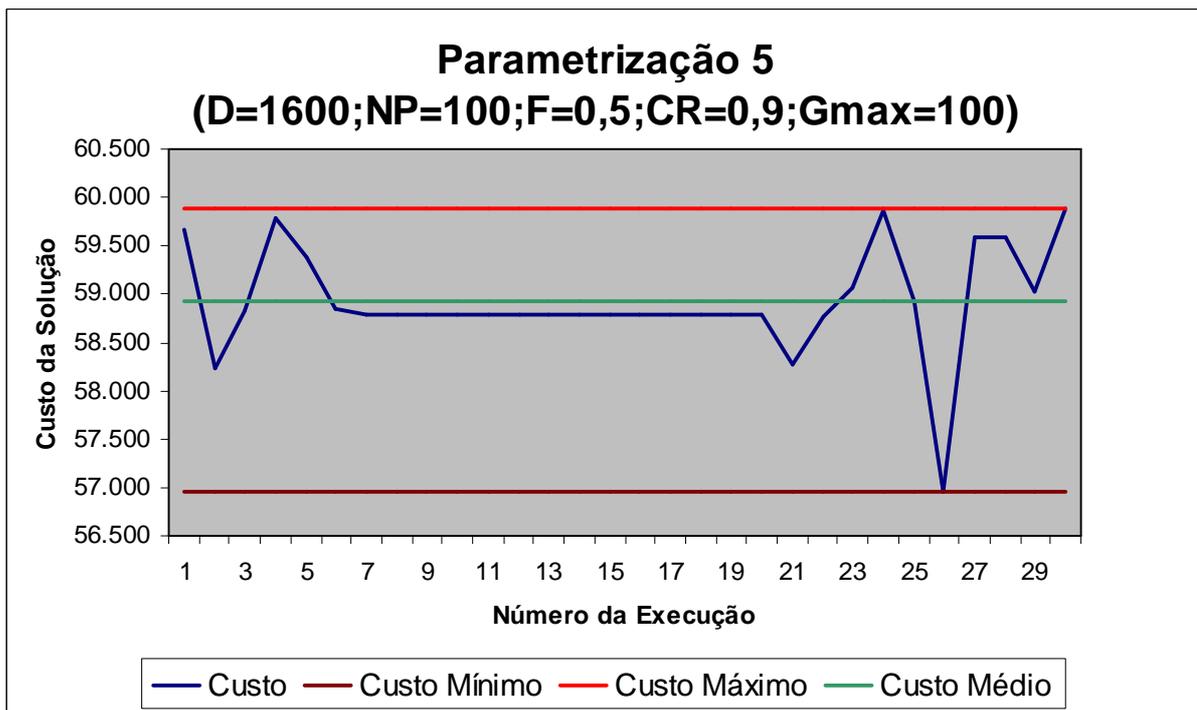


Figura 32: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 5

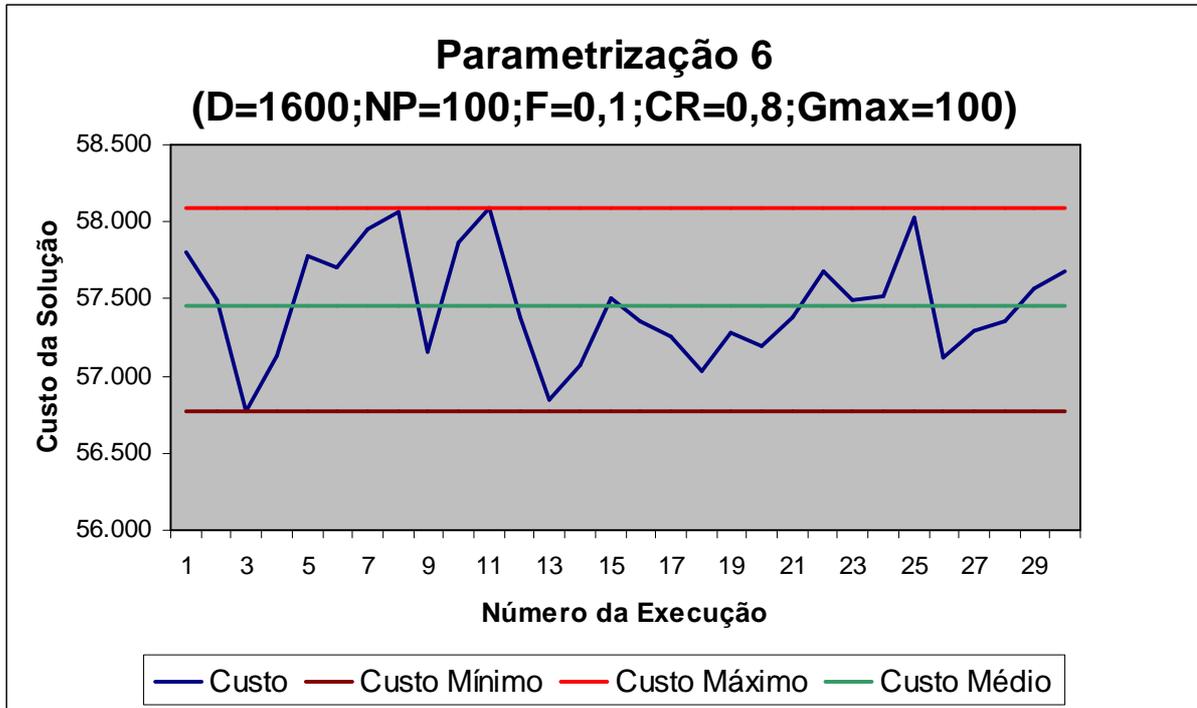


Figura 33: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 6

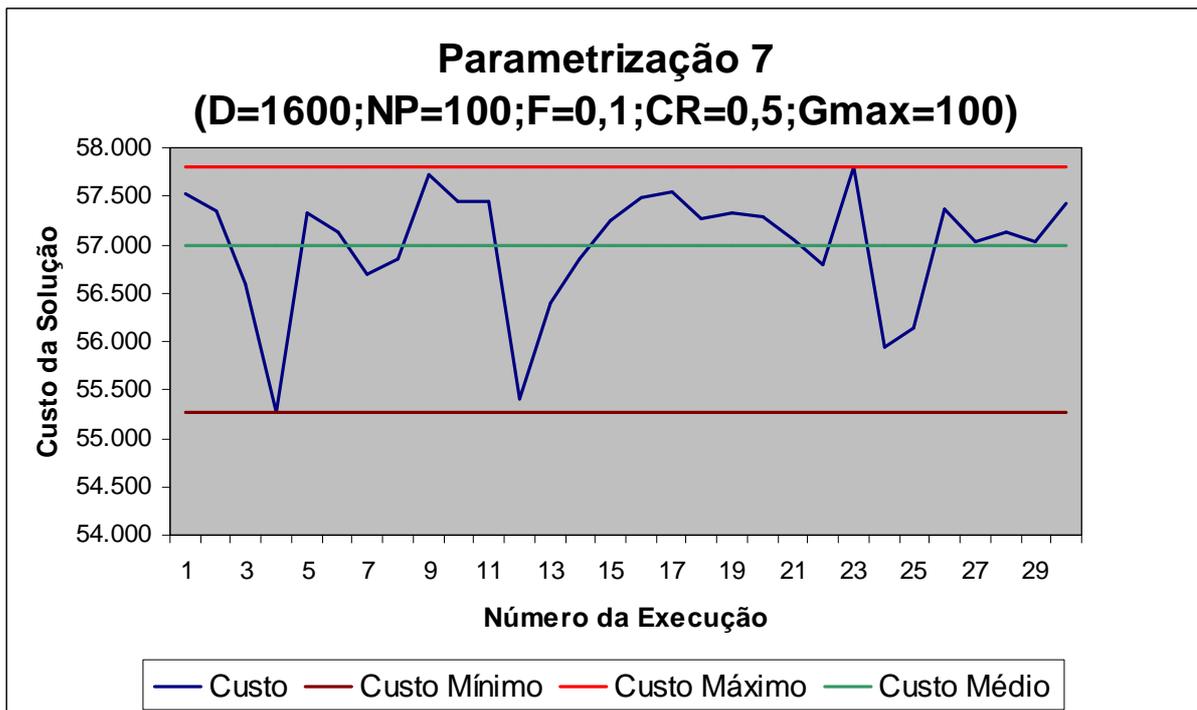


Figura 34: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 7

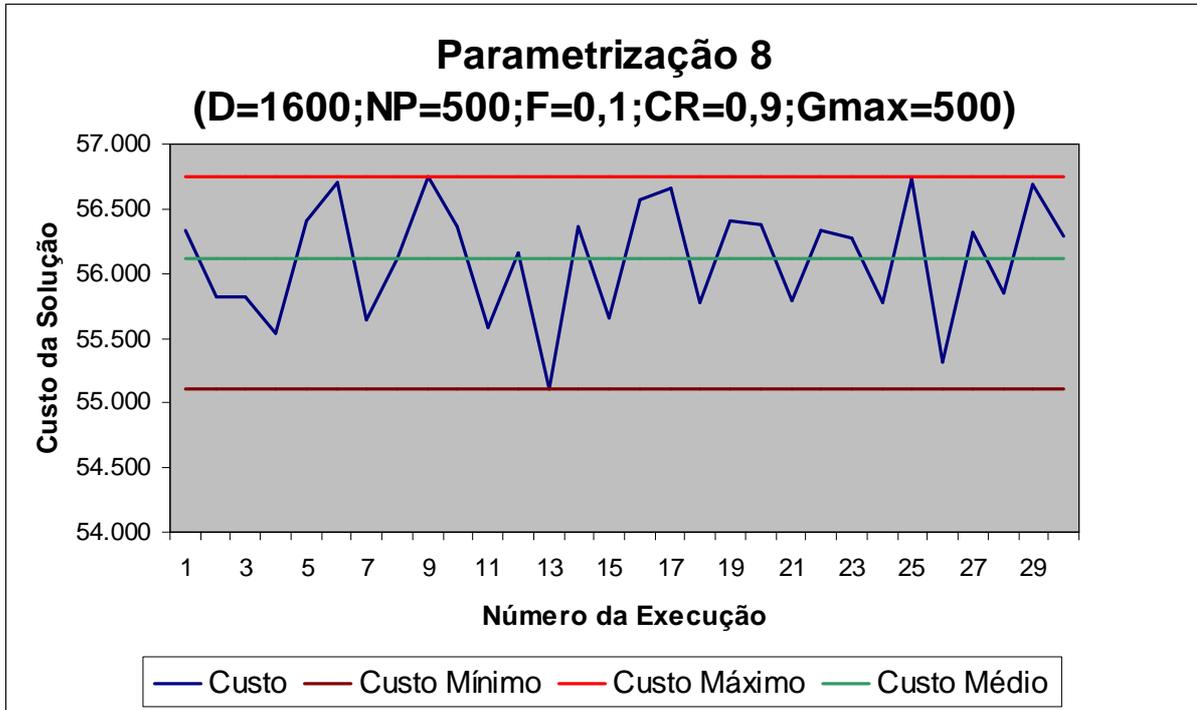


Figura 35: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 8

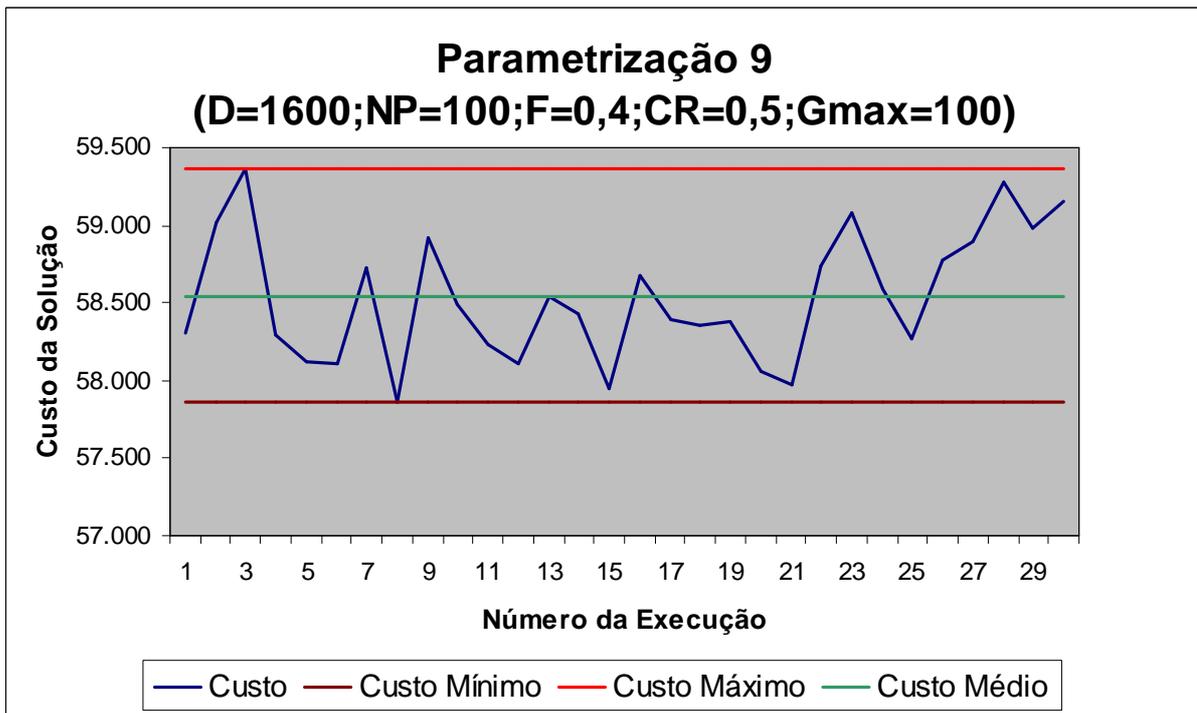


Figura 36: Gráfico do Custo da Solução x Execução para a Parametrização 9

As figuras Figura 37: Gráfico dos Custos Mínimo, Médio e Maximo x Parametrização e Figura 38: Gráfico Desvio Padrão do Custo x Parametrização apresentam um

comparativo entre os custos mínimo, máximo, médio e o desvio padrão de cada uma das parametrizações citadas anteriormente.

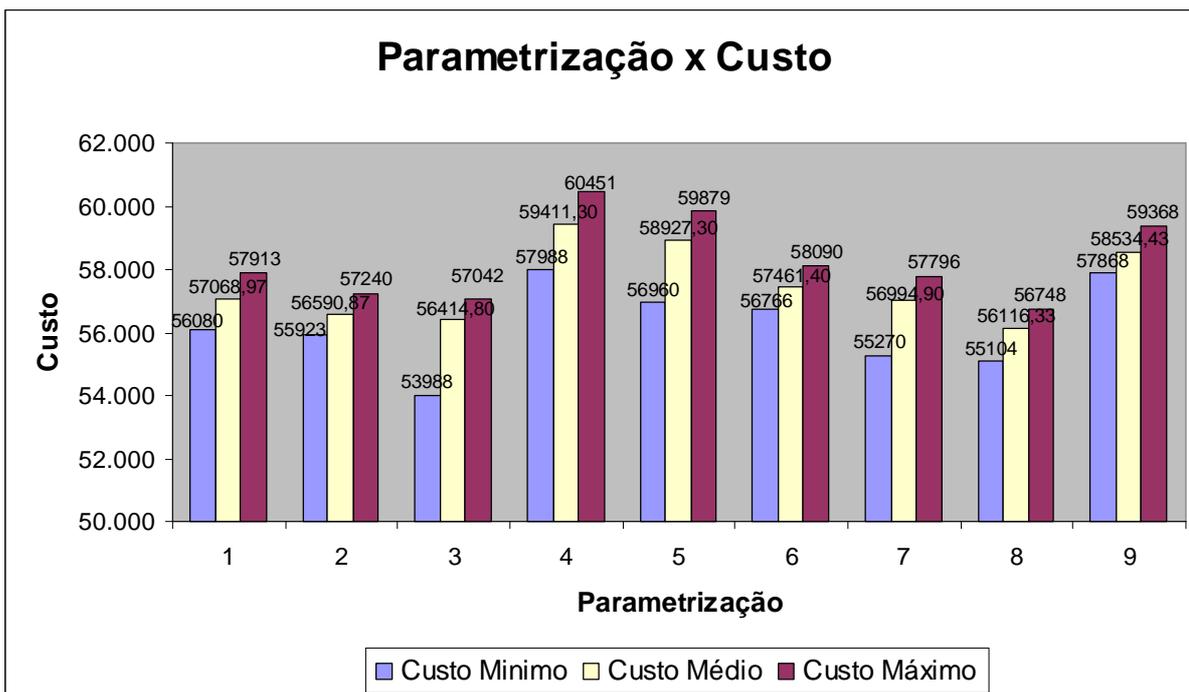


Figura 37: Gráfico dos Custos Mínimo, Médio e Maximo x Parametrização

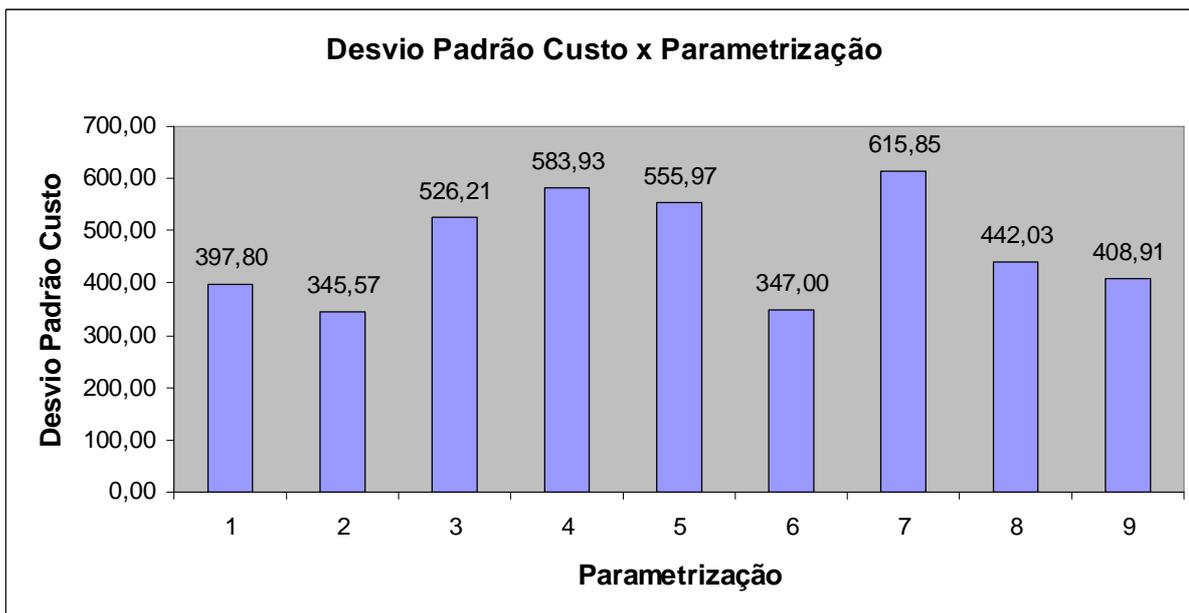


Figura 38: Gráfico Desvio Padrão do Custo x Parametrização

A partir destes gráficos, pode-se concluir, em relação aos testes realizados:

- Os melhores resultados são obtidos com a parametrização 3, que corresponde a de maior G_{max} associado ao maior tamanho de população
- Os piores resultados foram obtidos com a parametrização 4, que possui o maior valor de F
- Quanto maior o fator de escalabilidade (F), pior o resultado. Isto pode ser verificado comparando as parametrizações 1, 4, 5 e 9. Estas parametrizações se diferenciam apenas no valor de F
- Quanto menor o fator probabilístico para recombinação (CR), melhor o resultado. Isto pode ser verificado comparando as parametrizações 1, 3 e 6. Estas parametrizações se diferenciam apenas no valor de CR

Nas figuras Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46: Iteração x Custo da População para Parametrização 8 e Figura 47: Iteração x Custo da População para Parametrização 9, são apresentados os gráficos referentes aos custos mínimo e médio da população em cada iteração, para cada parametrização utilizada. Os dados visualizados correspondem à execução que gerou o menor custo de cada parametrização. Através deles pode-se observar a evolução da população ao longo das iterações realizadas.

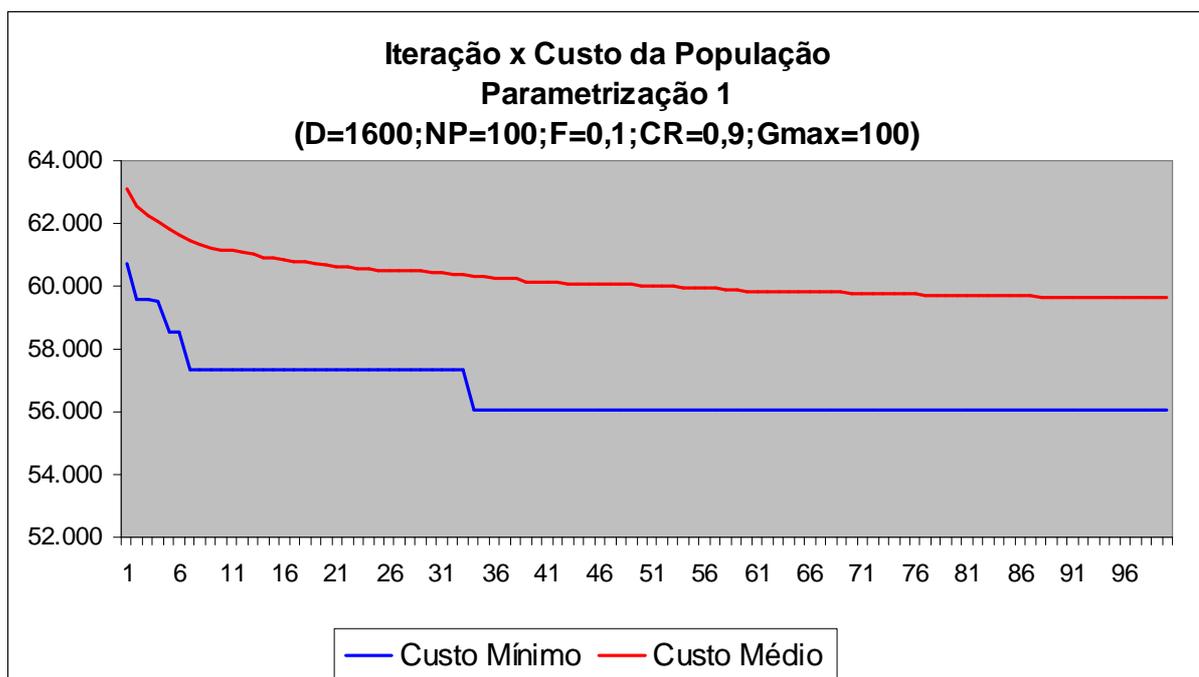


Figura 39: Iteração x Custo da População para Parametrização 1

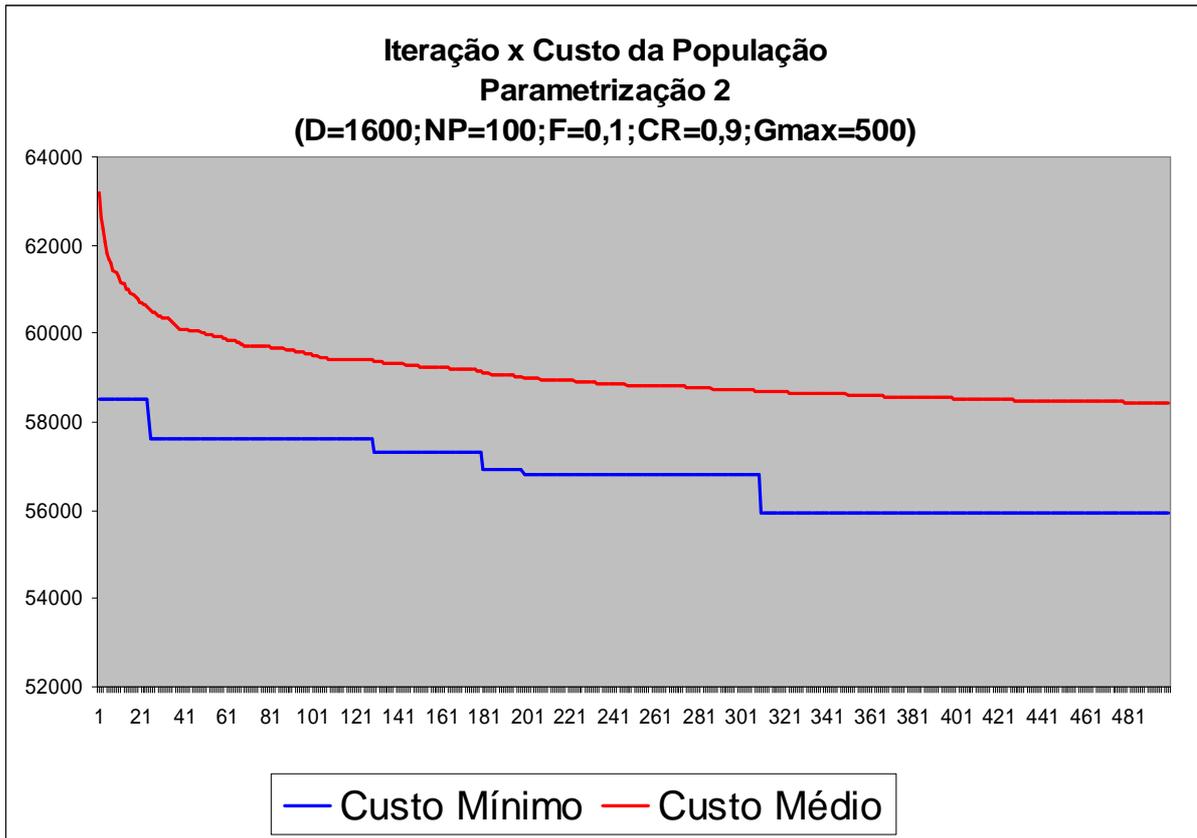


Figura 40: Iteração x Custo da População para Parametrização 2

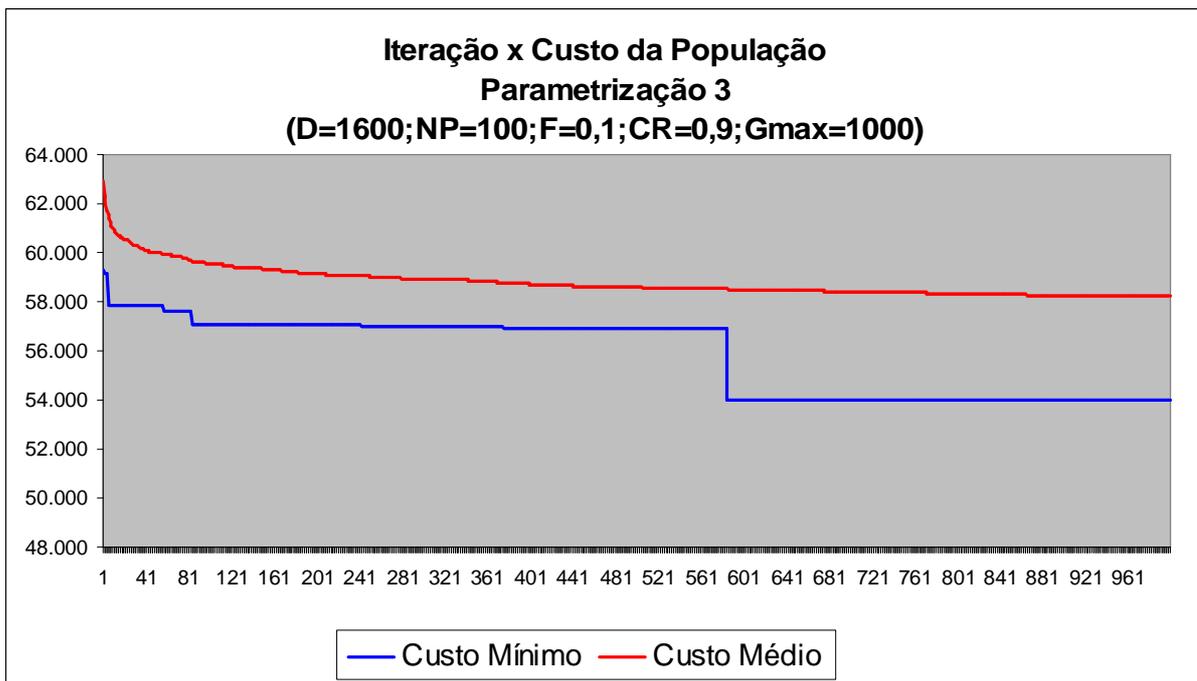


Figura 41: Iteração x Custo da População para Parametrização 3

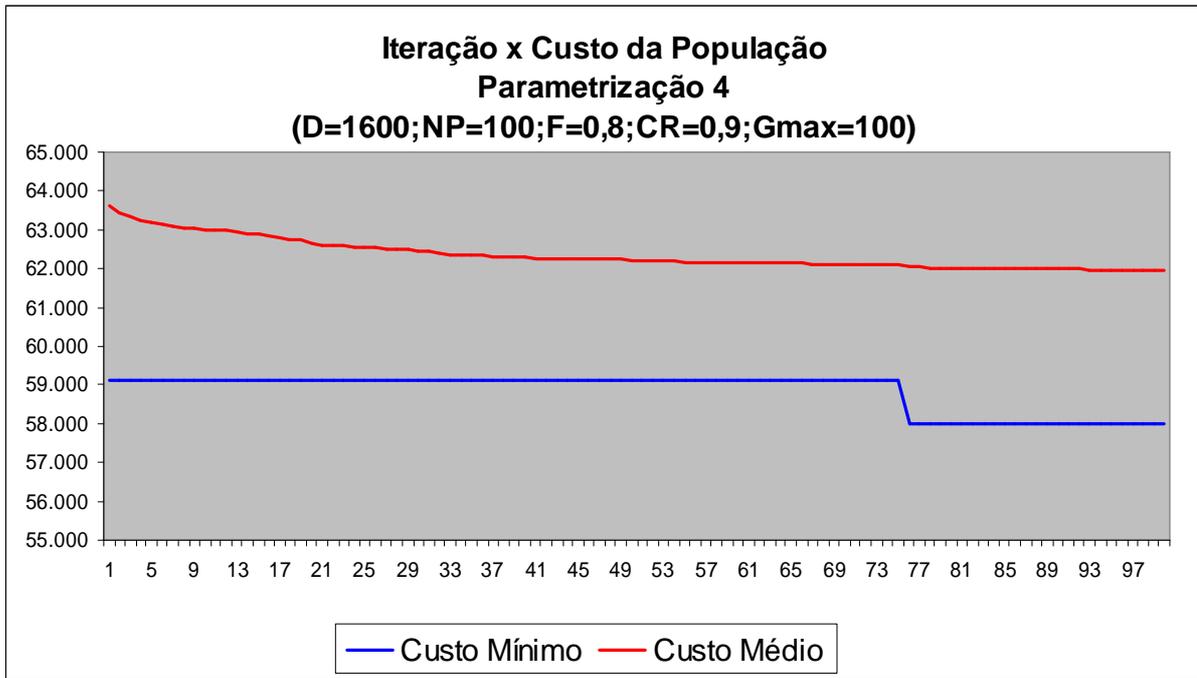


Figura 42: Iteração x Custo da População para Parametrização 4

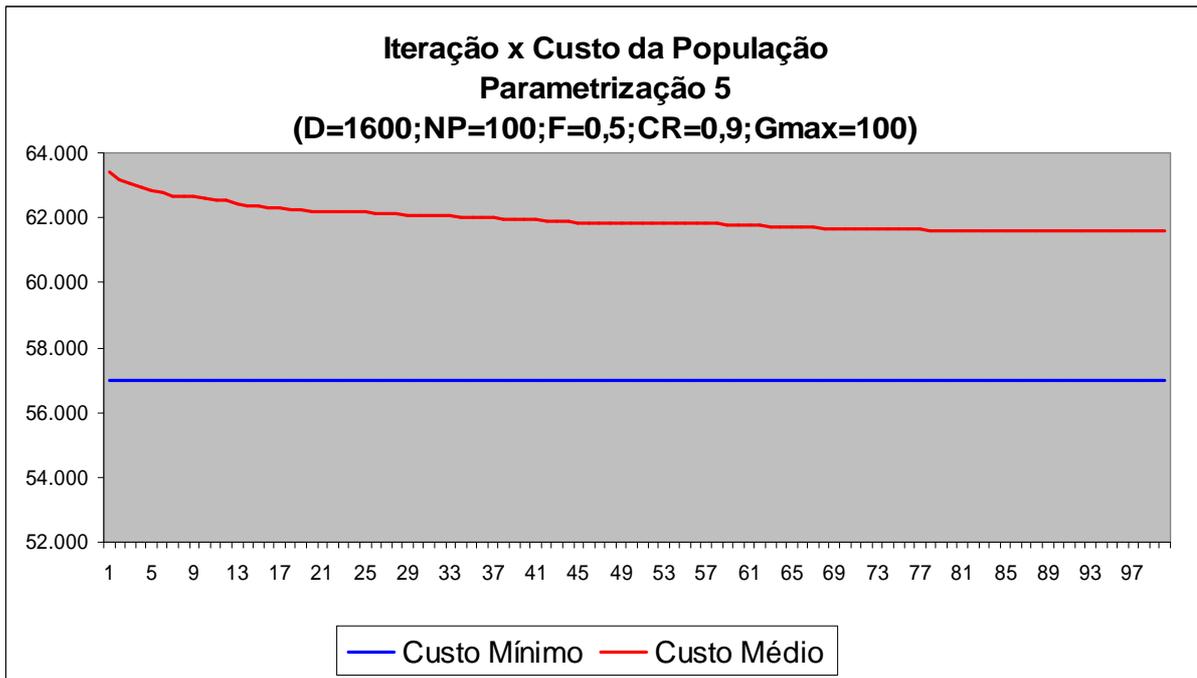


Figura 43: Iteração x Custo da População para Parametrização 5

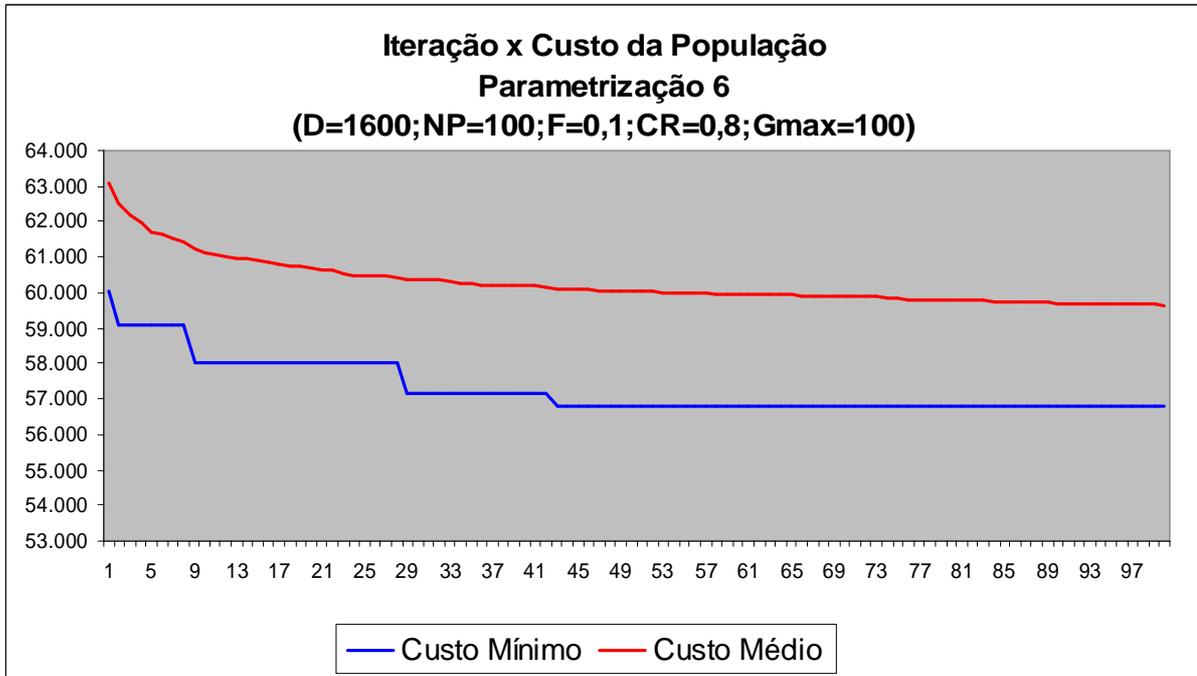


Figura 44: Iteração x Custo da População para Parametrização 6

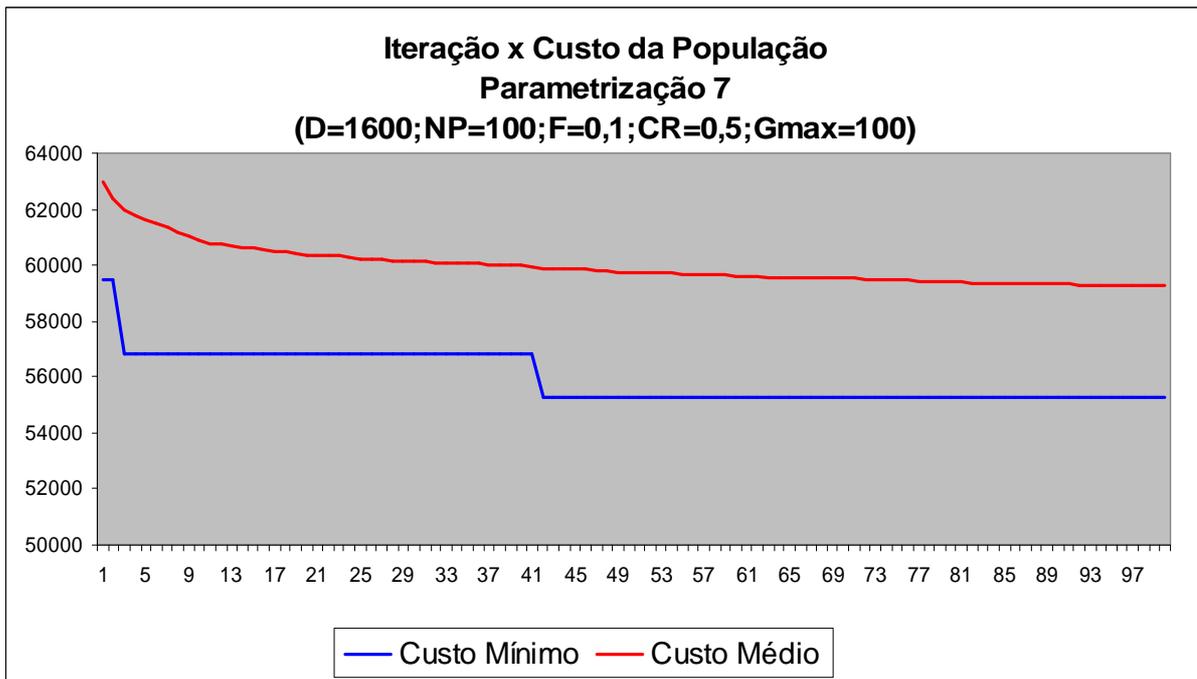


Figura 45: Iteração x Custo da População para Parametrização 7

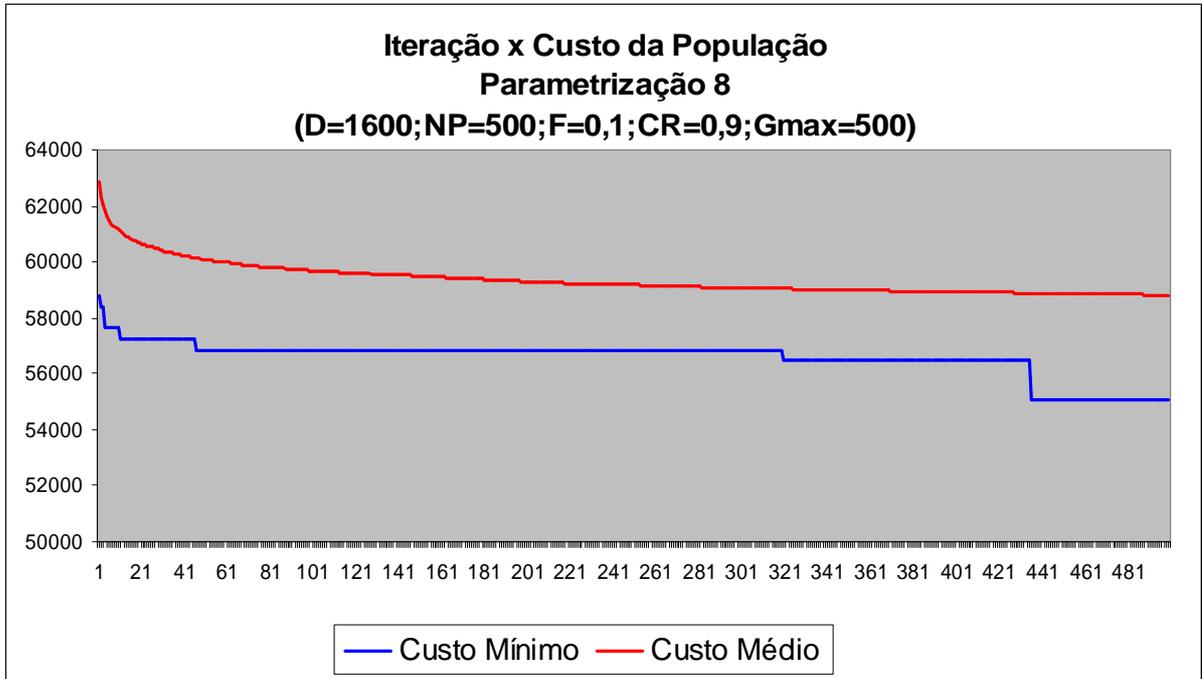


Figura 46: Iteração x Custo da População para Parametrização 8

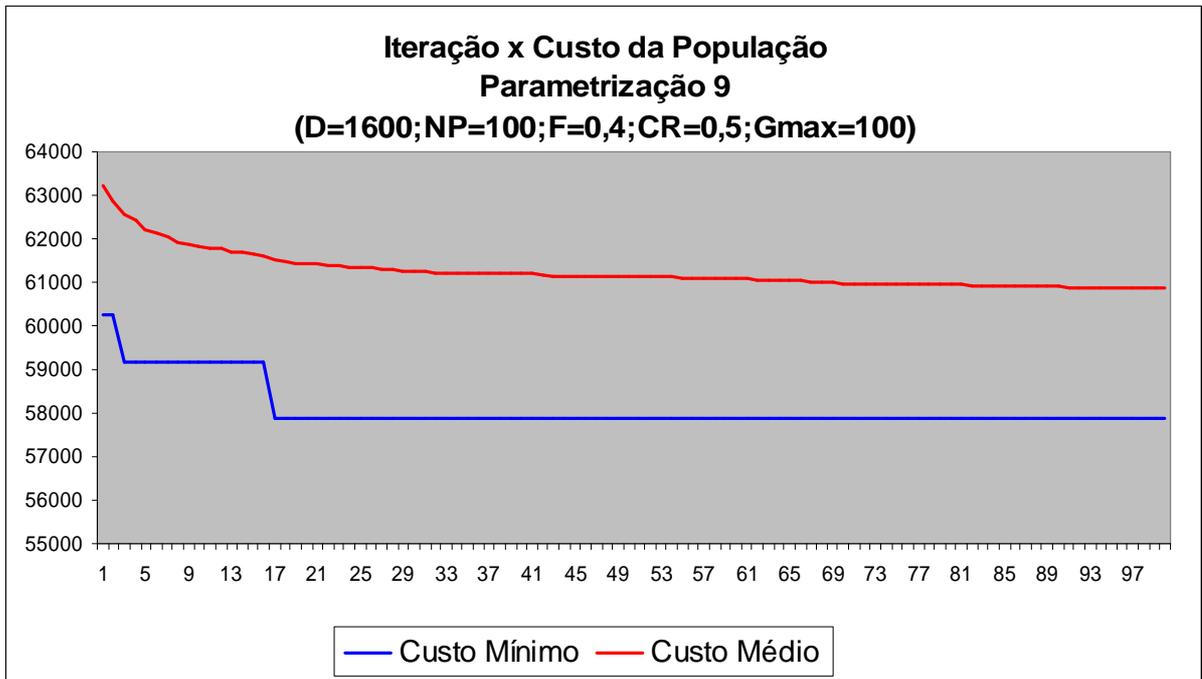


Figura 47: Iteração x Custo da População para Parametrização 9

Para efeito de comparação dos resultados obtidos pelo algoritmo de Evolução Diferencial, foi desenvolvido um algoritmo que realiza as alocações no pátio de forma aleatória, levando em consideração apenas o fato de ser possível ou não,

alocar a bobina em determinada posição. Foram realizadas 30 execuções deste algoritmo e o resultado pode ser visualizado na Figura 48.

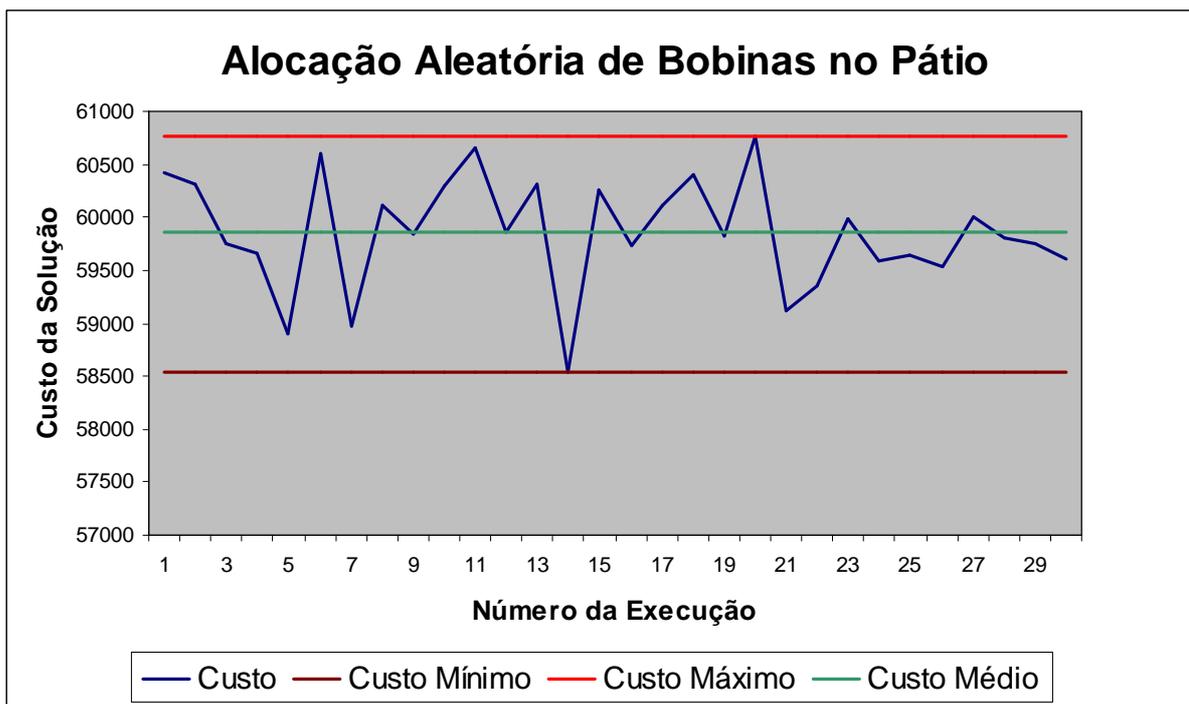


Figura 48: Gráfico do Custo da Solução x Execução para Alocação Aleatória no Pátio

Na Figura 49 é apresentada um gráfico comparando os resultados obtidos através das oito parametrizações testadas do algoritmo de Evolução Diferencial com os resultados obtidos a partir do algoritmo de alocação aleatória.

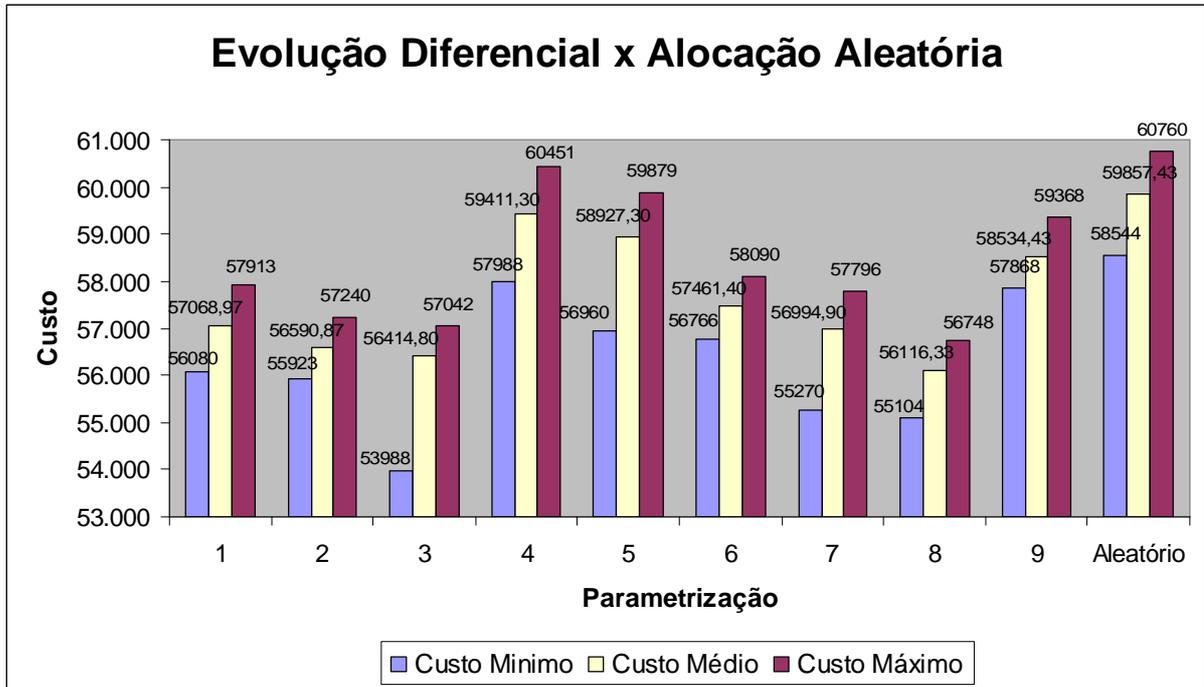


Figura 49: Gráfico do Custo da Solução x Algoritmo (ED x Alocação Aleatória)

Como observado anteriormente, o algoritmo ED, em qualquer de suas parametrizações utilizadas, apresenta melhores resultados que uma forma aleatória de alocação de bobinas nos pátios.

5 CONCLUSÃO

“Descoberta consiste em ver o que qualquer outro tem visto, e pensar o que ninguém tem pensado”

Albert Szent-Gyorgi

É um fato consumado que as indústrias estão, cada vez mais, buscando otimizar seus processos e as indústrias do ramo siderúrgico não seriam diferentes das demais. Daí a idéia de se atacar um problema desta área, porém pouco abordado.

Neste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta para a geração de um plano de alocação de bobinas de aço em um pátio de despacho, minimizando o número de movimentações internas e deslocamentos da ponte rolante realizados durante o processo de despacho. Os ganhos obtidos com a utilização desta ferramenta vão desde a redução do risco de acidentes até a redução de custo de manutenção de equipamentos utilizados durante o processo, porém o foco principal foi a utilização de um algoritmo de otimização para resolver real da área siderúrgica.

Quanto ao algoritmo de evolução diferencial, este vem sendo utilizado com sucesso na resolução de vários problemas de otimização, como citado no capítulo 3. Para o problema em questão foram realizadas comparações entre o ED e um algoritmo que faz a alocação das bobinas de forma aleatória. Neste contexto, o ED obteve melhores resultados para todas as parametrizações testadas. Entretanto, a resolução do problema utilizando outros algoritmos, como por exemplo, Busca Tabu e Bean Search, e a realização de comparação com os resultados deste trabalho são pontos que podem ser abordados em trabalhos futuros. Além disso, o desenvolvimento do módulo responsável por gerar as bobinas com suas respectivas previsões de despacho no pátio, tendo como base um plano de produção e despacho, é um outro ponto de melhoria.

Como outros trabalhos futuros e possibilidades de melhorias, podem-se citar a melhoria da interface com o usuário para a ferramenta, ajustar a ferramenta para

considerar as restrições de peso, largura e modal de transporte durante a alocação das bobinas no pátio e a realização de um levantamento diário das movimentações internas em um pátio real para comparação com o resultado do planejamento gerado pela ferramenta.

Pode-se concluir que a ferramenta proposta contribui para o mercado industrial no sentido de apresentar uma possibilidade de solução para um problema complexo através da utilização de um algoritmo de otimização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORNE, D.; DORIGO, M; CLOVER, F. **New Ideas in Optimization**, London: McGraw-Hill Education, 1999

KARABOGA, D.; ÖKDEM S. A single and global optimization algorithm for engineering problems: differential evolution algorithm. **Turk J Elec Engin**, Turkey, vol 12, n 1, 2004

KIM, K. H.; PARK, Y. M.; RYU K. Theory and Methodology: Deriving decision rules to locate export containers in container yards. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, n. 124, p. 89-101, 2000.

KIM, K. H.; KIM, H. B. Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. **Int. J. Production Economics**, n. 59, p. 415-423, 1999 (A)

KIM, K. H.; KIM, K. Y. Routing straddle carriers for loading operation of containers using beam search algorithm. **Computers & Industrial Engineering**, n. 36, p. 109-136, 1999 (B)

LORENZONI, L; AHONEN, H; ALVARENGA, A. A multi-mode resource-constrained scheduling problem in the context of port operations. **Computers & Industrial Engineering**, n. 50, p. 55-65, 2006

LIU, J.; LAMPINEN, J. A fuzzy adaptive differential evolution algorithm, In: **IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering**, vol 1, p 606-611, 2002

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Internet**. São Paulo: Saraiva, 2001

PRESTON, P.; KOZAN, E. An approach to determine storage locations of containers at seaport terminals. **Computers and Operational Research**, n. 28, p. 983-995, 2001

STORN, R.; PRICE K. **Differential evolution – a simple and efficient adaptative scheme for global optimization over continuous spaces**. Technical report, International Computer Science Institute, Berkley, 1995

STORN, R. Differential evolution design of an IIR-filter with requirements of magnitude and group delay, In: Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation, Nagoya, Japan, p 268-273, 1996

STORN, R. System design by constraint adaptation and differential evolution, In: **IEEE Trans. On Evolutionary Computation**, vol 3, n 1, p 22-34, 1999

THOMAS, P.; VERNON, D. **Image Registration by Differential Evolution**. In: Proceedings of the Irish Machine Vision and Image Processing Conference, Magee College, University of Ulster, Ireland, p 221-225, 1997

CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão, Relatório Anual CST. 2004. Disponível em <<http://www.arcelor.com/br/cst>>. Acesso em: 01 set. 2005

IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia, História da Siderurgia – A Siderurgia no Mundo, 2006. Disponível em: <<http://www.ibs.org.br/index.asp>>. Acesso em: 01 out. 2006

LAMPINEN, J. A Bibliography of Differential Evolution Algorithm. [s.d.]. Disponível em <<http://www2.lut.fi/~jlampine/debiblio.htm>>. Acesso em 30 set. 2006

Wikipédia – A Enciclopédia Livre, Aço, 2006. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal. Acesso em: 01 out. 2006

ANEXO A – DESCRIÇÃO DO ARQUIVO DE ENTRADA

- o Arquivo: Parametrização do Algoritmo de Evolução Diferencial

Nome: ed.txt

Conteúdo: contém informações básicas das variáveis de parametrização do algoritmo

Formato:

Descrição	Formato
Número de bobinas a serem planejadas	d = <número de BQ's>
Tamanho da população utilizada	np = <tamanho da população>
Fator de escalabilidade (Mutação)	f = <valor [0,1]>
Fator probabilístico para recombinação (Crossover)	cr = <valor do intervalo [0,1]>
Número máximo de geração da população	gmax = <valor inteiro positivo >
Quantidade de dias de planejamento	dias = <valor inteiro positivo>
Quantidade de alas do pátio	alas = <valor inteiro positivo>
Quantidade de colunas do pátio	col = <valor inteiro positivo>
Data de inicio de planejamento	data corrente = <data no formato AAAAMMDD>

- o Arquivo: Bobinas

Nome: bobinas.txt

Conteúdo: cont m informações básicas sobre as bobinas a serem trabalhadas.

Cada linha corresponde a uma única bobina

Formato:

Descri�o	Formato
Identifica�o da bobina	XXXXXXXXXXXX
Pedido	XXXXXXXX
Item do pedido	XX
Modal de Transporte	XX
Peso	99999
Largura	9999
Cliente	XXXXXXXXXXXX

Identificador do endereço de entrega	99999999
Data prevista de chegada no pátio	AAAAMMDD
Data prevista de saída do pátio	AAAAMMDD
Data de Entrega prevista	AAAAMMDD
Endereço da BQ no pátio (ala, coluna, camada separados por um espaço)	99 99 99 Caso a bobina não esteja no pátio, este campo deve conter o valor: -1 -1 -1

ANEXO B – DESCRIÇÃO DO ARQUIVO DE ENTRADA

- o Arquivo: Plano de Alocação

Nome: pa-<visão do plano>.txt

Conteúdo: Contém um plano de alocação de bobinas no pátio para um período de planejamento especificado no arquivo de entrada. São gerados os seguintes arquivos:

Visão do Plano	Nome do Arquivo
Bobinas	pa-bobinas.txt
Clientes	pa-cliente.txt
Data de Entrega	pa-dataentrega.txt
Data de Previsão de Saída	pa-datasaida.txt
Endereço de Entrega	pa-enderco.txt
Largura	pa-largura.txt
Pedido - Item de Pedido	pa-itempedido.txt
Peso	pa-peso.txt

Formato:

Descrição	Formato
Primeiro dia (1) de planejamento	Dia <data no formato AAAAMMDD>
Camada 1	Valor fixo: "Camada 1:"
Vista superior da Camada 1 do pátio no dia 1 de planejamento	
Camada 2	Valor fixo: "Camada 2:"
Vista superior da Camada 2 do pátio no dia 1 de planejamento	
Camada 3	Valor fixo: "Camada 3:"
Vista superior da Camada 3 do pátio no dia 1 de planejamento	
.	
.	
.	
Ultimo dia (n) de planejamento	Dia <data no formato AAAAMMDD>
Camada 1	Valor fixo: "Camada 1:"
Vista superior da Camada 1 do pátio no dia n de planejamento	
Camada 2	Valor fixo: "Camada 2:"

Vista superior da Camada 2 do pátio no dia n de planejamento	
Camada 3	Valor fixo: "Camada 3:"
Vista superior da Camada 3 do pátio no dia n de planejamento	

Um exemplo do arquivo de saída na visão de bobinas (pa-bobinas.txt) para dois dias de planejamento pode ser visualizado na Figura 50.

Dia 20061029		
Nivel 1		
6A03952	6A06152	6A04811
6305238	6A05734	6201055
6A06572	6A053633	6A06674
6A05425	6A05422	6A030182
6A016122	6A06552	6A053751
Nivel 2		
69075592	6A05423	<VAZIO>
<VAZIO>	6A053731	69072811
6A057482	69031991	<VAZIO>
69071892	6A057471	<VAZIO>
Nivel 3		
<VAZIO>	<VAZIO>	<VAZIO>
<VAZIO>	<VAZIO>	<VAZIO>
<VAZIO>	<VAZIO>	<VAZIO>
69075621	<VAZIO>	<VAZIO>
Dia 20061030		
Nivel 1		
6A03952	6A06152	6A04811
6305238	6A05734	6201055
6A06572	6A053633	6A06674
6A05425	6A05422	69071891
6A016122	6A06552	6A053751
Nivel 2		
69075592	6A05423	<VAZIO>
69064231	6A053731	69072811
6A057482	69031991	<VAZIO>
69071892	6A057471	69079382
Nivel 3		
69074521	69079362	<VAZIO>
<VAZIO>	<VAZIO>	<VAZIO>
<VAZIO>	69064362	<VAZIO>
69075621	<VAZIO>	<VAZIO>

Figura 50: Exemplo de arquivo de saída na visão bobina (pa-bobinas.txt)

ANEXO C – DIA DE PLANEJAMENTO (VISÃO DATA PREVISTA DE SAÍDA) GERADO PELA FERRAMENTA DESENVOLVIDA

CAMADA 1								
	01	02	03	04	05	06	07	08
01		20061110	20061220	20061120	20061020	20061010	20061120	
02	20061010			20061130	20061120	20061120	20061120	20061110
03	20061110	20061110	20061110	20061110	20061110	20061020		20061120
04	20061130	20061120	20061110	20061120	20061220	20061120	20061110	
05	20061110	20061231		20061110	20061120	20061020	20061110	20061120
06	20061110	20061110	20061130	20061031	20061120	20061110	20061110	
07	20061110	20061110	20061020	20061110	20061030	20061010	20061120	20061010
08	20061110	20061010	20061110	20061020		20061120	20061031	20061031
09	20061110	20061130	20061020	20061010	20061110		20061110	20061110
10	20061020	20061010	20061020	20061120	20061120			20061030
11	20061110	20061110	20061130	20061110	20061120	20061220	20061130	20061010
12	20061120	20061120	20061130	20061120	20061010		20061110	
13	20061030	20061110	20061110	20061110	20061110	20061110	20061130	
14	20061110	20061110	20061120	20061110	20061110	20061120	20061110	20061110
15	20061110	20061120	20061120	20061031			20061110	
16	20061110	20061110		20061010	20061010	20061120	20061110	20061110
17	20061030	20061130		20061120	20061110	20061110		20061110
18	20061020	20061120	20061120	20061110	20061110	20061110	20061110	20061220
19		20061110	20061110	20061110	20061110		20061110	20061110
20	20061130	20061110	20061220	20061120	20061110	20061120	20061110	20061110
21		20061020	20061110	20061110	20061110	20061110	20061110	20061120
22	20061030	20061120	20061130		20061104	20061110	20061110	
23		20061110	20061120	20061120		20061110	20061110	20061110
24	20061110	20061110	20061110	20061110		20061120	20061020	20061110
25	20061110		20061110	20061130	20061010	20061110	20061110	20061110
26	20061110	20061130		20061130		20061010	20061110	20061120
27		20061120	20061130	20061010	20061031	20061031		20061110
28	20061110	20061120	20061110		20061020	20061030	20061031	
29	20061110	20061020	20061110		20061110	<VAZIO>	20061010	20061110
30			20061120		20061110	20061020	20061110	20061120
31	20060710	20061110	20061010	20061120	20061120	20061120	20061220	
32	20061130	20061231	20061120	20061110	20061130	20061120	20061110	20061010
33	20061110	20061110	20060130	20061110	20061030	20061110		20060830
34	20061130	20061020	20061130	20061120	20061120	20061020	20061110	
35	20061110	20061120	20061010	20061110	20061110	20061120	20061110	20061110
36		20061120	20061110	20061110	20061110		20061110	20061120
37	20061110		20061110	20061110	20061110			20061020
38	20061110	20060831	20061010	20061120	20061220		20061130	20061110
39		20061010	20061110	20061110	20061130			20061120
40	20061020	20061011	20061110	20061120	20061110	20061110	20061110	20061010
41		20061110		20061120	20061110	20061110	20061120	20061120
42	20061010		20061120	20061110	20061010		20061120	20061104
43	20061030	20061110		20061110	20061110	20061120	20061020	20061110
44	20061120	20061010	20061010	20061110	20061110	20061120	20061220	20061110
45	20061120		20061110	20061110		20061110	20061130	20061110
46	20061110		20061010	20061120	20061110	20061120	20061120	20061110
47	20061020	20061130		20061110	20061130	20061110	20061110	20061110
48	20061110	20061220	20061110		20061120		20061110	
49	20061120	20061110	20061120		20061120	20061010	20061120	20061020
50	20061120	20061110		20060930	20061010	20061010	20061110	20061020
51	20061010	20061110	20061120		20061110	<VAZIO>	20061110	20061030
52	20061110	20061110	20061110	20061110	20061220	20061110	20061110	20061020
53	20061231	20061020	20061110	20061120	20061110	20061030	20061110	20061110
54	20061110	20061110	20061110	20061010	20061231	20061110	20061010	20061110

CAMADA 2								
	01	02	03	04	05	06	07	08
01				20061020	20061030		20061020	
02	20061010			20061110	20061110			
03	20061110	20061030		20061110	20061120			
04	20061110	20061120		20061110	20061120			
05	20061110	20061110		20061010	20061020	20061120	20061110	
06	20061110	20061020		20061110			20060920	
07	20061120	20061030	20061020	20061110			20061020	
08	20061020	20061010	20061020				20061020	
09		20061110	20061020					
10			20061110		20061130			20061020
11	20061110	20061010	20060130	20061110			20061120	
12	20061120	20061030	20061110	20061020			20061110	
13			20061020	20061020	20061120	20061020		
14	20061110	20061120		20061120			20061110	
15	20061020	20061120						
16	20061020	20061020		20061110				20061010
17		20061120		20061020		20061010		20061020
18		20061120	20061130	20061110	20061110		20061231	
19			20061010		20061031		20061110	20061030
20		20061120	20061120	20061110	20061120	20061130	20061120	
21					20061010	20061110	20061120	
22		20061110	20061030			20061020	20061130	
23	20061120		20061010	20061130		20061110	20061020	
24	20061110		20061020	20061110				20061110
25	20061110	20061010		20061020				
26				20061110				20061130
27			20061130					
28	20061020	20061020	20061130		20061010			
29			20061110					20061110
30			20061110		20061110		20061110	
31	20061010	20061110		20061110	20061110	20061110	20060830	
32	20061030	20061010	20061010	20061010				20061010
33	20061110	20061020	20061130		20061010	20061110		
34	20061231				20061010	20061010	20061120	
35		20061020	20061020	20061110	20061010		20061010	20061020
36			20061110	20061020	20061110			
37	20061110			20061010	20061110			20061110
38					20061110			
39			20061020	20061110	20061110			
40					20061010	20061120	20061010	20061110
41				20061110			20061010	20061020
42	20061010			20061020				20061110
43		20061120		20061020	20061020	20061120	20061010	
44		20061110	20061120	20061120		20061010	20061010	
45	20061220			20061030		20061120	20061020	20061110
46	20061020			20061120	20061010	20061110	20061120	20061010
47		20061031			20061110		20061110	
48	20061110	20061020	20061120		20061110			
49	20061020				20061120	20061120	20061030	
50		20061120			20061020		20061120	
51		20061110			20061020		20061030	
52	20061110	20061010	20061110	20061120	20061020	20061020	20061010	20061110
53	20061120	20061120	20061120	20061120				20061120

CAMADA 3								
	01	02	03	04	05	06	07	08
01				20061110	20061110			
02					20061110			
03	20060930			20061110	20061130			
04	20061030			20061120	20061031			
05	20061220	20061010		20061020			20061031	
06				20060920				
07	20061010	20061020		20061120				
08								
09								
10			20061010					
11	20060930	20061002	20061020				20061020	
12			20061020					
13				20061110				
14	20061120	20061020						
15								
16		20061120						
17		20061130						
18			20061120				20061020	
19			20061020		20061020			
20							20061110	
21						20061010	20061120	
22	20061110		20061020			20061010	20061110	
23	20061110		20061010					
24	20061130	20061010		20061010				
25				20061110				
26								
27			20061030					
28			20061120					
29			20061130					
30					20061110		20061120	
31		20061110						
32	20061020		20061010					
33	20061120							
34							20061110	
35				20061110	20061010			
36					20060830			
37								
38								
39								
40							20061110	20061020
41								
42								
43		20061020						
44						20061020		
45						20061110		20061031
46					20061010		20061010	
47					20061120			
48	20061010		20061110		20061110			
49							20061120	
50		20061110					20061010	
51		20061110						
52		20061110	20061231	20061020				20061110

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)