

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO

**SISTEMA PARA BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM BASEADO NO
MÉTODO COMSOAL**

por

Eduardo Takashi Togawa – 97/23421

Júlio Vital Diniz de Paula – 97/23536

Brasília, 13 de dezembro de 2000

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo construir um sistema para balanceamento de linhas de montagem baseado no método COMSOAL.

Foi desenvolvido um programa de computador para a realização do balanceamento de linhas de montagem na linguagem Borland C++ Builder 5.0.

Este programa fornece recursos de construção de linhas de montagem, edição de linhas de montagem, recursos que permitem o armazenamento em disco da linha criada e do melhor resultado obtido por este método.

1 – INTRODUÇÃO

Atualmente, o número de empresas que possuem linhas de montagem que não estão adequadas, em termos de balanceamento, é bastante grande. Esse balanceamento é muito importante, pois possibilita a otimização dos negócios e uma melhor produção, porque organiza o chão de fábrica em estações de trabalho de acordo com o tempo desejado para cada estação.

Com o surgimento do computador, juntamente com o desenvolvimento tecnológico, esse balanceamento pode ser feito com muito mais eficiência, confiabilidade e qualidade, permitindo-se ter um pequeno banco de dados dos resultados, que são facilmente acessados.

O sistema operacional utilizado é o Microsoft Windows 98, o qual propicia a utilização do Borland C++ Builder 5.0, sistema o qual foi utilizado para o desenvolvimento do programa.

O programa desenvolvido tem como objetivo possibilitar a realização do balanceamento de linhas de montagem em estações de trabalho. O programa ainda apresenta as seguintes características:

- ♦ faz o balanceamento de linhas de montagem, com a criação de uma ou edição de outra já existente;
- ♦ armazena as linhas criadas e os resultados obtidos em disco;
- ♦ permite imprimir os resultados;
- ♦ apresenta alto grau de interatividade com o usuário.

2 – SISTEMA PARA BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM

2.1 – BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM

Na produção em fluxo de linhas há vários processos distintos e separados, e operações de montagem para serem realizadas no produto. Invariavelmente, a sequência de processo ou passos de montagem é restrita, pelo menos em algum ponto, em termos da ordem na qual as operações podem ser executadas.

O problema do balanceamento de linhas é arrumar os processos individuais e tarefas de montagem nas estações de trabalho para que o tempo total requerido em cada estação de trabalho seja aproximadamente o mesmo.

Se os elementos puderem ser agrupados para que o tempo de todas as estações de trabalho sejam iguais, haverá um balanceamento de linhas perfeito.

2.2 – O MÉTODO COMSAL

A sigla COMSAL significa Computer Method of Sequencing for Assembly Lines. É um método desenvolvido pela empresa Chrysler e relatado pela Arcus em 1966.

Este programa de balanceamento de linha, apesar de não ter sido o primeiro, atraiu mais atenção do que aqueles que o precederam.

O procedimento deste algoritmo é realizar iterações através de uma sequência de alternativas de soluções e ficar com a melhor delas.

A seguir está mostrada uma tabela de entrada para a realização do balanceamento de linhas de montagem.

Número	Descrição do processo	Tempo	Elemento predecessor
1	Processo 1	0.2	–
2	Processo 2	0.4	–
3	Processo 3	0.7	1
4	Processo 4	0.1	1,2
5	Processo 5	0.3	2
6	Processo 6	0.11	3
7	Processo 7	0.32	3
8	Processo 8	0.6	3,4
9	Processo 9	0.27	6,7,8
10	Processo 10	0.38	5,8
11	Processo 11	0.5	9,10
12	Processo 12	0.12	11

O algoritmo COMSOAL está descrito a seguir.

Passo 1: Construa a lista A, a partir da tabela de entrada, mostrando todos os elementos de trabalho em uma coluna e o número total de elementos que precedem imediatamente cada elemento em uma coluna adjacente.

Exemplo:

Lista A:

Elemento	Número de predecessores imediatos
1	0
2	0
3	1
4	2
5	1
6	1
7	1
8	2
9	3
10	2
11	2
12	1

Passo 2: Construa a lista B, mostrando todos os elementos da lista A que não possuem predecessores imediatos.

Exemplo:

Lista B:

Elementos com nenhum predecessor imediato
1
2

Passo 3: Selecione aleatoriamente um dos elementos da lista B.

Passo 4: Elimine o elemento selecionado no passo 3 das listas A e B e atualiza ambas as listas, se necessário.

Passo 5: Selecione novamente um dos elementos da lista B tal que seja adequado para o tempo de ciclo.

Passo 6: Repita os passos 4 e 5 até que todos os elementos tenham sido alocados em estações dentro do tempo de ciclo (T_c).

Passo 7: Retenha a solução atual e repita os passos de 1 a 6 na tentativa de determinar uma solução melhor. Se uma solução melhor for obtida, ela deve ser retida.

Exemplo:

Uma possível solução

Estação	Elementos	Tempo	Tempo parcial
1	2	0.4	1.0
	1	0.2	
	4	0.1	
	5	0.3	
2	3	0.7	0.81
	6	0.11	
3	7	0.32	0.92
	8	0.6	
4	9	0.27	0.65
	10	0.38	
5	11	0.5	0.62
	12	0.12	

2.3 – DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA UTILIZADA

O Borland C++ Builder (BCB) é um ambiente de desenvolvimento de aplicações orientado a objeto que permite desenvolver programas para alguns sistemas operacionais.

A linguagem de programação utilizada no BCB é o C++; portanto, é aconselhável que aquele que pretende se aventurar no mundo do BCB conheça um pouco de C++, além de também estar familiarizado com a linguagem C.

O BCB é uma linguagem de nível médio, exatamente pelo fato de usar o C++, apesar de viabilizar facilmente o desenvolvimento de aplicações de diversos tipos, tais como: banco de dados, internet etc.

Para se criar aplicativos, começa-se com a montagem de componentes em janelas, como se fosse um programa gráfico. O usuário tanto pode utilizar componentes desenvolvidos por terceiros, como criar seus próprios componentes.

3 – O PROGRAMA DE BALANCEAMENTO

3.1 – CARACTERÍSTICAS DO PROGRAMA

O programa foi construído com os seguintes objetivos:

- proporcionar um ambiente bastante amigável com o usuário, mesmo que ele não possua experiência na operação de computadores;
- criar arquivos das linhas inseridas e editadas, para que linhas já existentes possam ser recuperadas pelo operador;
- fornecer opções de impressão de arquivos para realização de relatórios;
- ajudar o operador com instruções auxiliares existentes no programa, quanto à dúvidas existentes, tanto na criação, edição ou realização do balanceamento.

3.2 – O AMBIENTE DO PROGRAMA

A seguir são apresentadas as telas do programa e cada uma das funções dessas, bem como de seus botões.

3.2.1 – A JANELA PRINCIPAL DO SISTEMA DE BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM



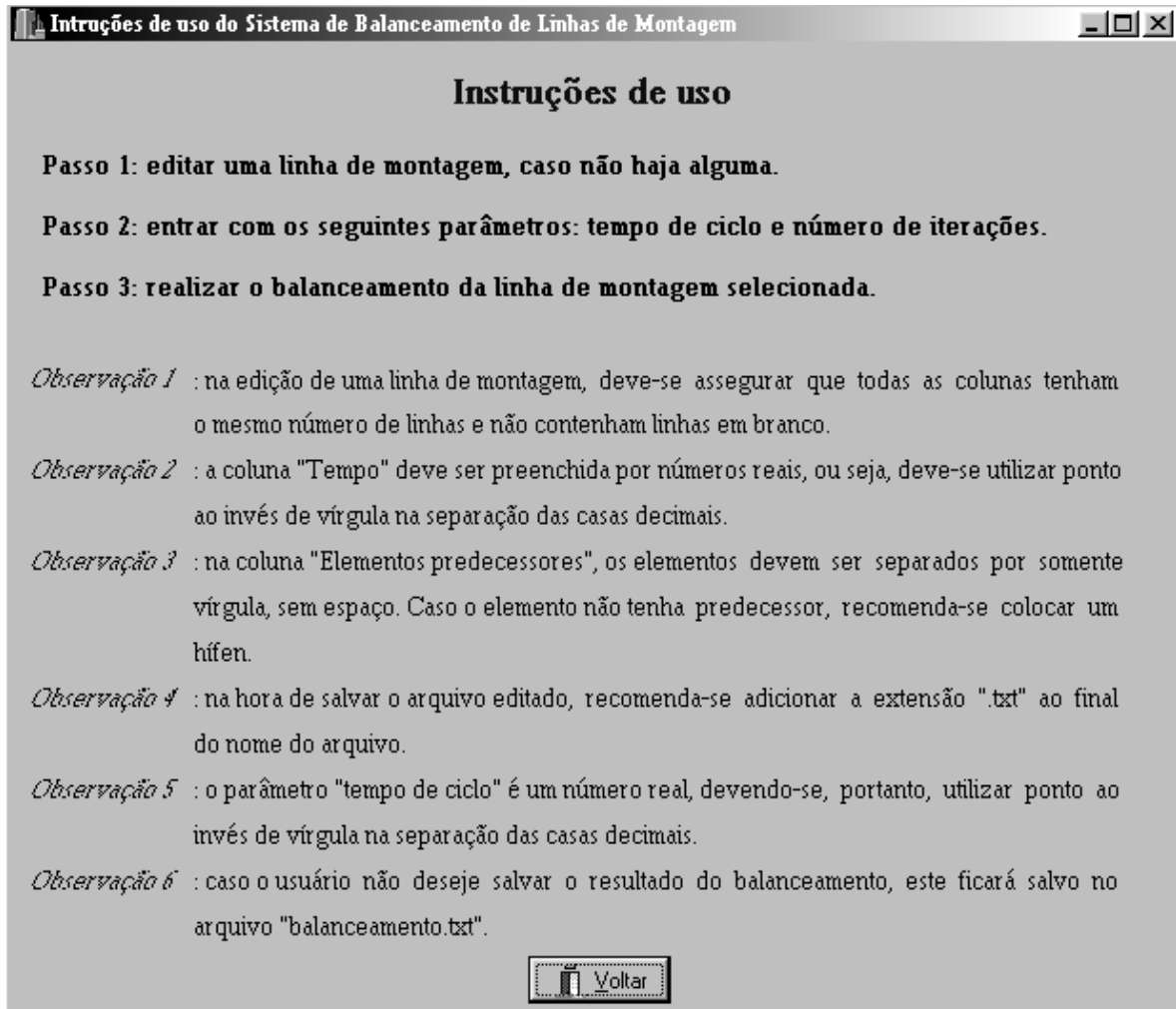
A janela ilustrada acima é a janela principal do sistema de balanceamento de linhas de montagem, que aparece quando o usuário executa o programa.

A seguir será detalhada a função de cada um de seus botões:

- ↔ **Instruções:** permite a visualização das instruções básicas para o correto uso do programa.
- ↔ **Sobre:** abre a janela de informações sobre os autores do programa.
- ↔ **Editar linha de montagem:** abre a janela de edição de linhas de montagem.
- ↔ **Entrada de parâmetros:** abre a janela para a entrada dos parâmetros necessários à realização do balanceamento.
- ↔ **Realizar balanceamento:** abre a janela de realização do balanceamento.
- ↔ **Sair:** fecha o programa.

3.2.2 – A JANELA INSTRUÇÕES DE USO DO SISTEMA DE

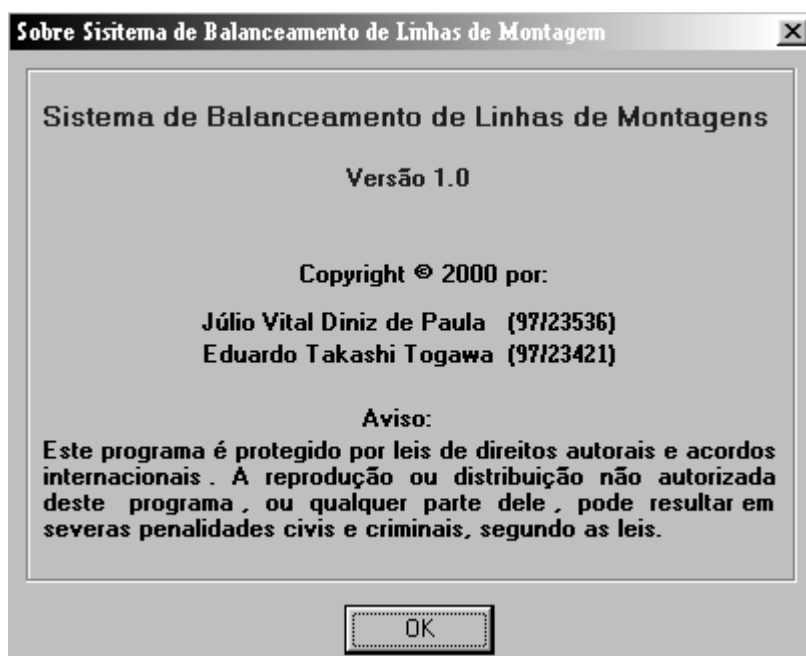
BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM



Esta janela contém as instruções básicas para o correto uso do programa. Os passos descritos devem ser seguidos para a criação de uma linha de montagem e execução do balanceamento.

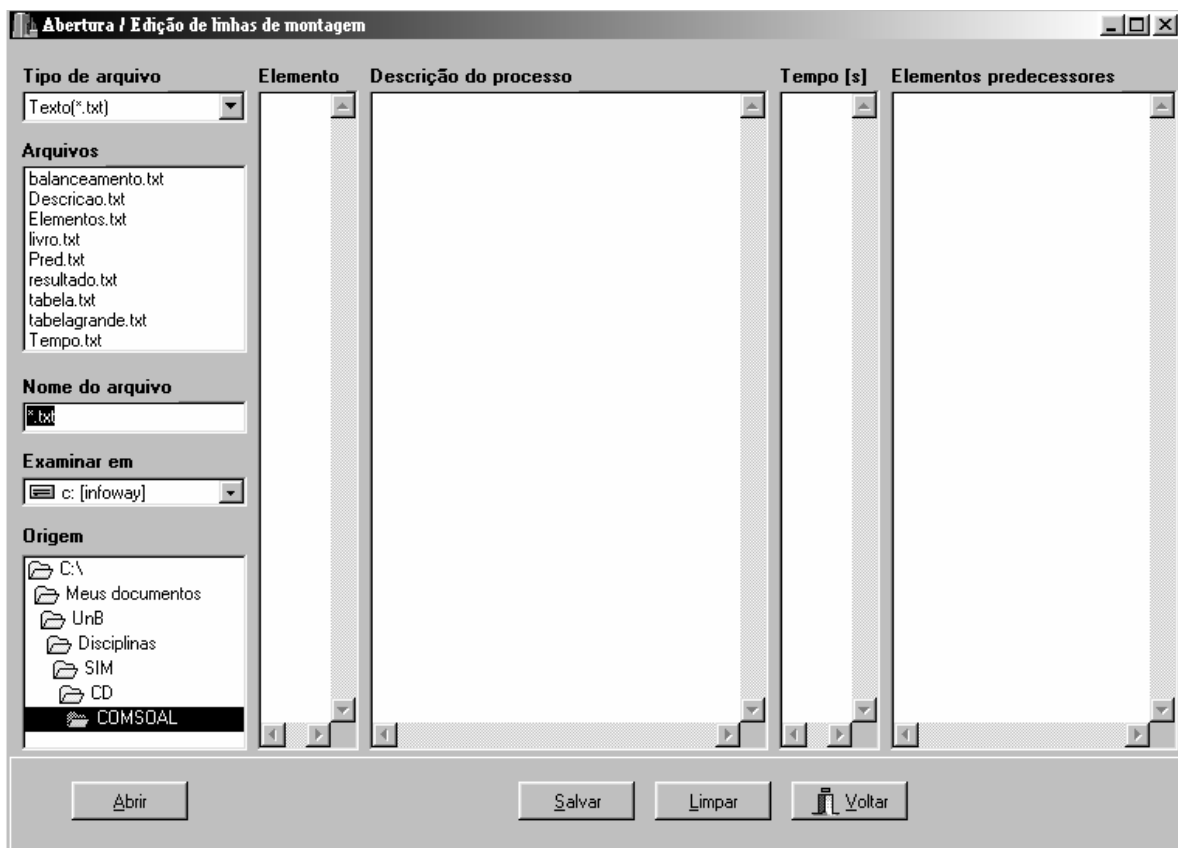
As observações descritas devem ser cuidadosamente seguidas para a correta execução do programa.

3.2.3 – A JANELA SOBRE SISTEMA DE BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM



Esta janela apresenta as informações sobre a versão do programa, a data de criação do mesmo e seus autores. Além disso, ela contém a informação sobre o uso inadequado do programa.

3.2.4 – A JANELA ABERTURA/EDIÇÃO DE LINHAS DE MONTAGEM



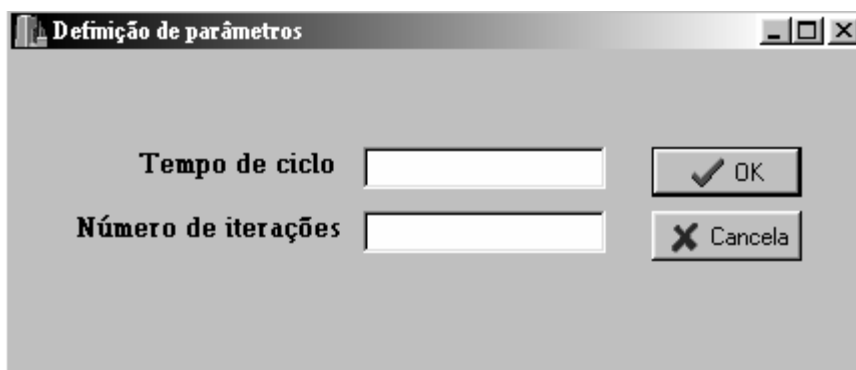
Nesta janela o usuário pode abrir e/ou editar uma linha de montagem.

Para abrir uma linha de montagem existente, o usuário deve selecionar o arquivo desejado na lista de arquivos e clicar no botão Abrir.

Para salvar a linha de montagem em um arquivo, o usuário deve assegurar que não há linhas em branco na mesma. É recomendado que o arquivo a ser salvo tenha a extensão ".txt".

O botão Limpar limpa os campos de edição da linha de montagem em sua totalidade.

3.2.5 – A JANELA DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS



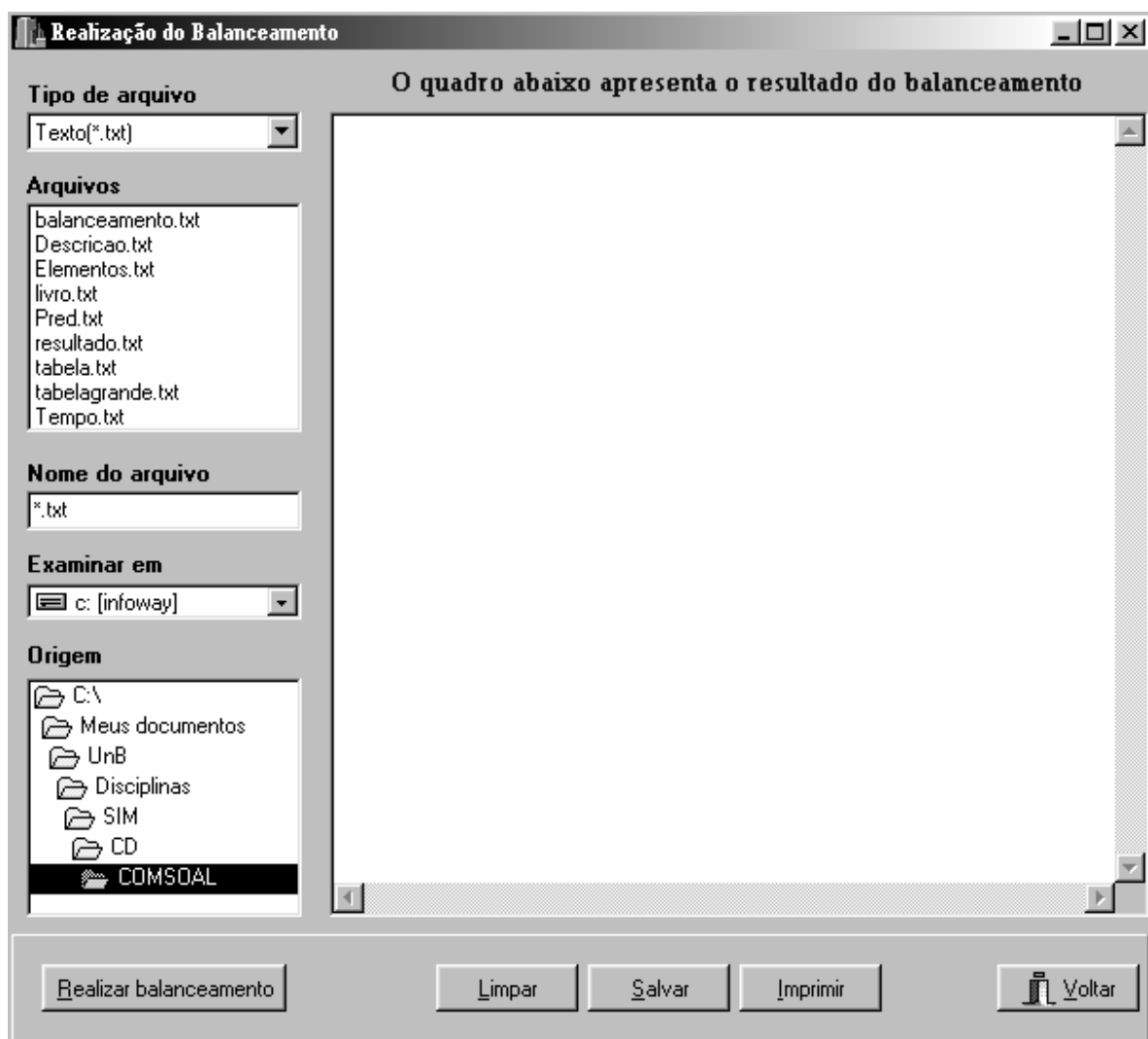
É nesta janela que o usuário deve inserir os parâmetros para a execução do balanceamento de uma linha de montagem.

No campo Tempo de ciclo, deve ser inserido um número real (no caso da existência de casa decimal, a separação é feita por ponto).

No campo de Número de iterações, deve ser fornecido um número inteiro.

Deve-se salientar que é necessário a inserção dos dois parâmetros para a realização do balanceamento.

3.2.6 – A JANELA REALIZAÇÃO DO BALANCEAMENTO



Para realizar o balanceamento, o usuário deve selecionar o arquivo na lista de arquivos e clicar no botão Realizar balanceamento. Após o clique sobre o botão, o resultado do balanceamento da linha selecionada será apresentada no quadro existente. Caso o usuário não queira salvar o resultado em um arquivo, ele será armazenado no arquivo "balanceamento.txt". Caso contrário, o arquivo "balanceamento.txt" será substituído pelo arquivo criado pelo usuário.

Se o usuário desejar imprimir o resultado, basta clicar no botão Imprimir.

4 – ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Inicialmente, foi estudado o problema do balanceamento de linhas de montagem.

Em seguida, estudou-se o algoritmo COMSOAL para que ele pudesse ser desenvolvido em uma linguagem de programação. Então, implementou-se o algoritmo COMSOAL na linguagem C++.

Após a implementação do algoritmo, houve o aprendizado da linguagem de programação Borland C++ Builder 5.0. Esta linguagem foi escolhida por permitir o desenvolvimento de programas com grande interação com o usuário, e por ser de fácil aprendizado.

Finalmente, foi desenvolvido o ambiente gráfico do programa com bastante interação e aplicativos, e implementado o algoritmo COMSOAL no mesmo.

5 – CONCLUSÕES

Foi desenvolvido no presente trabalho um sistema para balanceamento de linhas de montagem baseado no método COMSOAL. Para isso, utilizou-se o compilador Borland C++ Builder 5.0.

Os resultados obtidos por diversas linhas de montagem testadas mostraram-se coerentes com o proposto pelo algoritmo COMSOAL.

Portanto, o programa desenvolvido está de acordo com o proposto, além de possuir ferramentas adicionais ao usuário e elevada interatividade.

6 – BIBLIOGRAFIA

DIAS, Adilson de Souza. Desenvolvendo em Borland C++ Builder 5.0. Rio de Janeiro, Ciência Moderna LTDA, 2000.

GROOVER, Mikell P. Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing. New Jersey, Prentice–Hall, 1987.

SCHILDT, Herbert. C: The Complete Reference. Berkeley, McGraw–Hill, 1995.

SCHILDT, Herbert. C++: The Complete Reference. Berkeley, McGraw–Hill, 1998.