

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS (APERFEIÇOAMENTO) NO  
SISTEMA MOS PARA OTIMIZAÇÃO DO  
PROCESSO DE USINAGEM**

**RAPHAEL FURLAN GRIVOL**

ORIENTADOR: PROF. DR. NIVALDO LEMOS COPPINI

CO-ORIENTADOR: ELESANDRO ANTONIO BAPTISTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

**2007**

**IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS (APERFEIÇOAMENTO) NO  
SISTEMA MOS PARA OTIMIZAÇÃO DO  
PROCESSO DE USINAGEM**

**RAPHAEL FURLAN GRIVOL**

Dissertação de Mestrado a ser defendida em 28 de março de 2007, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Nivaldo Lemos Coppini, Presidente  
UNIMEP

Prof. Dr. Milton Vieira Júnior  
UNIMEP

Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda  
UNITAU

Prof. Dr. Elesandro Antonio Baptista, Co-Orientador  
UNIMEP

À

Minha Família

Sem eles nunca teria chegado até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Nivaldo Lemos Coppini pela orientação, compreensão e incentivo dispensado ao desenvolvimento deste trabalho.

À Elesandro Antonio Baptista pela orientação, amizade, companheirismo e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À Secretaria da PPGEF, pelo apoio, paciência e amizade demonstrada.

À Sandvik Coromant Ind. & Com pelo apoio.

Se nos limitarmos a seguir os caminhos percorridos por outros,  
só chegaremos onde eles chegaram

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA.....	2
1.2. OBJETIVO .....	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
<b>2. ASPECTOS GERAIS DA USINAGEM.....</b>	<b>6</b>
2.1. MOVIMENTOS.....	6
2.2. VELOCIDADE DE CORTE .....	7
2.3. VELOCIDADE DE AVANÇO .....	7
2.4. TEMPO DE CORTE .....	8
2.5. TEMPOS PASSIVOS .....	8
2.6. DEFORMAÇÃO PLÁSTICA .....	8
2.7. LASCAMENTO.....	9
2.8. TRINCAS .....	9
2.9. QUEBRA .....	9
2.10. DESGASTE DA FERRAMENTA.....	9
2.10.1. DESGASTE FRONTAL.....	10
2.10.2. DESGASTE DE CRATERA .....	10
2.11. MECANISMOS DE DESGASTE DE FERRAMENTAS .....	11
2.11.1. ARESTA POSTIÇA DE CORTE .....	11
2.11.2. ABRASÃO MECÂNICA.....	11
2.11.3. ADERÊNCIA .....	12
2.11.4. DIFUSÃO .....	12
2.11.5. OXIDAÇÃO .....	12
2.12. VIDA DA FERRAMENTA.....	12
2.12.1. INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE USINAGEM NA VIDA DA FERRAMENTA .....	14
2.12.2. CURVA DE VIDA DA FERRAMENTA .....	15
2.13. CONDIÇÕES ECONÔMICAS DE USINAGEM.....	17
<b>3. ASPECTOS GERAIS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>21</b>
3.1. DADOS X INFORMAÇÃO.....	21
3.2. VALOR DA INFORMAÇÃO .....	22
3.3. SISTEMAS .....	22
3.4. SISTEMAS <i>WEB</i> .....	25
3.5. TECNOLOGIAS <i>WEB</i> .....	26
3.5.1. HTML.....	26
3.5.2. CGI .....	27
3.5.3. ASP.....	29

3.6.	LEIAUTE DE UM SISTEMA WEB .....	30
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
4.1.	CLASSIFICAÇÃO .....	32
4.2.	METODOLOGIA .....	34
4.2.1.	ESTUDO DO SISTEMA ATUAL .....	34
4.2.2.	IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS MELHORIAS .....	34
4.2.3.	MODELAMENTO DO SISTEMA .....	34
4.2.4.	DESENVOLVIMENTO .....	35
4.2.5.	EXEMPLO DE APLICAÇÃO .....	35
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DO SISTEMA ATUAL E SUGESTÕES DE MELHORIAS .....</b>	<b>36</b>
5.1.	ESTUDO DO SISTEMA ATUAL .....	36
5.2.	IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS MELHORIAS .....	37
5.2.1.	TECNOLOGIAS UTILIZADAS .....	37
5.2.2.	DEFINIÇÃO DO LEIAUTE .....	39
5.2.3.	NÍVEIS DE ACESSO .....	40
5.2.4.	MELHORIA DOS RECURSOS DE PESQUISA .....	41
5.2.5.	CAMPOS CONFIGURÁVEIS .....	42
5.2.6.	FÓRMULAS CONFIGURÁVEIS .....	43
5.2.7.	IME EXPANDIDO .....	45
5.2.8.	TEMPO DE TROCA LIMITE DA FERRAMENTA .....	45
5.2.9.	MÁXIMO CUSTO ADMISSÍVEL .....	46
5.2.10.	VELOCIDADE DE MÍNIMO CUSTO PARA MÁQUINAS OCIOSAS .....	47
5.2.11.	CÁLCULOS, ANÁLISES E OTIMIZAÇÕES .....	50
<b>6.</b>	<b>MODELAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA .....</b>	<b>53</b>
6.1.	DIAGRAMA FUNCIONAL .....	53
6.1.1.	GERENCIAR EMPRESA .....	54
6.1.2.	GERENCIAR USUÁRIOS .....	54
6.1.3.	ADMINISTRAR EMPRESA .....	55
6.1.4.	UTILIZAR O SISTEMA .....	56
6.2.	DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO .....	56
6.3.	DIAGRAMA ESTRUTURAL DAS PÁGINAS .....	59
6.4.	DIAGRAMA DE NAVEGAÇÃO .....	60
6.5.	DIAGRAMAS ENTIDADE-RELACIONAMENTO .....	62
6.6.	DIAGRAMA DE ESTADOS DA OTIMIZAÇÃO .....	65
<b>7.</b>	<b>VERIFICAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>68</b>
7.1.	INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC01 .....	69
7.1.1.	INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA .....	69
7.1.2.	RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA .....	71
7.1.3.	RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2 .....	72
7.1.4.	RESULTADO DA OTIMIZAÇÃO PELA PLANILHA ELETRÔNICA .....	72
7.1.5.	RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO PELO MOS .....	73
7.2.	INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC02 .....	74
7.2.1.	INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA .....	75
7.2.2.	RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA .....	77
7.2.3.	RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2 .....	77
7.3.	INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC03 .....	78
7.3.1.	INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA .....	78
7.3.2.	RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA .....	80
7.3.3.	RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2 .....	80
7.4.	PROGRAMAÇÃO DIÁRIA .....	81
7.4.1.	RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA .....	82

7.4.2.	RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2 .....	82
7.5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	83
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>84</b>
8.1.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	85
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO A – COMPARAÇÃO DE LEIAUTE .....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DESGASTE FRONTAL.....	10
FIGURA 2 – DESGASTE DE CRATERA .....	10
FIGURA 3 – DESGASTE DA FERRAMENTA.....	15
FIGURA 4 – INTERVALO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA .....	19
FIGURA 5 – TRANSFORMAÇÃO DE DADOS EM INFORMAÇÕES .....	21
FIGURA 6 – SISTEMA DE INFORMAÇÃO .....	24
FIGURA 7 – SISTEMA DE INFORMAÇÃO BASEADO EM COMPUTADOR.....	25
FIGURA 8 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA HTML .....	27
FIGURA 9 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA CGI.....	28
FIGURA 10 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA ASP .....	29
FIGURA 11 – LEIAUTE DO MOS 2.....	39
FIGURA 12 – CAMPOS ADICIONAIS CONFIGURÁVEIS .....	43
FIGURA 13 – FÓRMULAS CONFIGURÁVEIS .....	44
FIGURA 14 – VELOCIDADE DE MÁXIMO CUSTO ADMISSÍVEL .....	47
FIGURA 15 – TEMPO DISPONÍVEL MAIOR QUE O TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO .....	48
FIGURA 16 – TEMPO DISPONÍVEL IGUAL AO TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO .....	49
FIGURA 17 – DIAGRAMA FUNCIONAL.....	53
FIGURA 18 – DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO.....	58
FIGURA 19 – DIAGRAMA ESTRUTURAL DAS PÁGINAS .....	59
FIGURA 20 – DIAGRAMA DE NAVEGAÇÃO.....	61
FIGURA 21 – DIAGRAMA ENTIDADE-RELACIONAMENTO.....	62
FIGURA 22 – DIAGRAMA ENTIDADE-RELACIONAMENTO COMPLEMENTAR .....	64
FIGURA 23 – DIAGRAMA DE ESTADOS DA OTIMIZAÇÃO .....	65
FIGURA 24 – PEÇA CÓDIGO PC01. ....	69
FIGURA 25 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC01 PELA PLANILHA.....	71
FIGURA 26 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC01 PELO MOS2. ....	72
FIGURA 27– RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO DA PC01 PELA PLANILHA ELETRÔNICA. ....	73
FIGURA 28– RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO DA PC01 PELO MOS2. ....	74
FIGURA 29 – PEÇA CÓDIGO PC02. ....	75
FIGURA 30 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC02 PELA PLANILHA.....	77
FIGURA 31 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC02 PELO MOS2. ....	77
FIGURA 32 – PEÇA CÓDIGO PC03 .....	78
FIGURA 33 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC03 PELA PLANILHA.....	80
FIGURA 34 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC03 PELO MOS2. ....	81
FIGURA 35 – LISTA DE PEÇAS DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA.....	81
FIGURA 36 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA PELA PLANILHA. ..	82
FIGURA 37 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA PELO MOS2.....	82
FIGURA 38 – TELA DE LOGIN.....	93
FIGURA 39 – MENU PRINCIPAL.....	93
FIGURA 40 – MENU DE DADOS .....	93
FIGURA 41 – DADOS DA FERRAMENTA .....	94
FIGURA 42 – DADOS DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA .....	94
FIGURA 43 – RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO .....	94
FIGURA 44 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA.....	95

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DA BOA INFORMAÇÃO .....	23
QUADRO 2 – NÍVEIS DE USUÁRIOS .....	41
QUADRO 3 – DESCRIÇÃO DAS ENTIDADES.....	63

## LISTA DE EQUAÇÕES

(1) VELOCIDADE DE CORTE .....	7
(2) VELOCIDADE DE AVANÇO .....	7
(3) TEMPO DE CORTE .....	8
(4) EQUAÇÃO DE TAYLOR .....	16
(5) COEFICIENTE "X" DA EQUAÇÃO DE VIDA DE TAYLOR, PARA VIDA EM TEMPO .....	17
(6) CONSTANTE "K" DA EQUAÇÃO DE VIDA DE TAYLOR, PARA VIDA EM TEMPO .....	17
(7) TEMPO TOTAL DE USINAGEM .....	18
(8) TEMPO TOTAL DE USINAGEM (EXPANDIDA) .....	18
(9) CUSTO DE PRODUÇÃO .....	19
(10) VELOCIDADE DE CORTE DE MÍNIMO CUSTO .....	20
(11) VELOCIDADE DE CORTE DE MÁXIMA PRODUÇÃO .....	20
(12) TEMPO DE TROCA LIMITE DA FERRAMENTA .....	46

GRIVOL, Raphael Furlan. *Implementação de Melhorias (Aperfeiçoamento) no Sistema MOS para Otimização do Processo de Usinagem*. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

## RESUMO

Trabalhos recentes, coordenados pelo professor Nivaldo Lemos Coppini, culminaram no desenvolvimento de um sistema para auxiliar a otimização do processo de usinagem. Esse sistema, denominado MOS (BAPTISTA, 2004), utiliza informações do sistema produtivo e, aplicando uma metodologia de otimização específica, permite que operações de torneamento, furação e fresamento sejam otimizadas. Apresenta-se neste trabalho, o desenvolvimento e implantação de melhorias e novas funcionalidades no sistema MOS. Para que essas melhorias fossem obtidas, o sistema foi refeito com modificações no leiaute e alteração de estrutura de dados, de modo a permitir maior flexibilidade, com a utilização de fórmulas definidas pelo usuário ao invés de fórmulas fixas que não podem ser alteradas e com a possibilidade de definir quais são as informações importantes para a otimização. Além disso, foram realizadas alterações no modelo matemático utilizado para realizar a otimização e adicionadas opções para gerenciamento das empresas usuárias do sistema e seus respectivos usuários. O sistema MOS 2 teve sua funcionalidade verificada por meio da comparação dos cálculos efetuados por ele com cálculos já realizados com o auxílio de planilha eletrônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas WEB, Otimização, Usinagem.

GRIVOL, Raphael Furlan. ***Implementação de Melhorias (Aperfeiçoamento) no Sistema MOS para Otimização do Processo de Usinagem***. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

### **ABSTRACT**

*Recent works, coordinated by the professor Nivaldo Lemos Coppini, culminate in the development of a system to help the cutting process optimization. This system, called MOS (BAPTISTA, 2004) uses information from the production system and uses a specific optimization methodology in order to allow the optimization of Turning, Drilling and Milling operations. Here, it is presented the development and implementation of improvements and new features in the MOS System. In order to accomplish these improvements, the MOS system was rewritten with modifications in layout and data structure, increased flexibility, with the use of customs equations instead of fixed equations for calculations and custom fields with the possibility of defining what information are really important to the optimization. Besides this, the mathematical model used to calculate the optimization was improved and new features for users and company management were added. The MOS 2 system had his functionality verified by the comparison of his calculus results with results from calculus using an electronic spreadsheet.*

**KEY WORDS:** *WEB Systems, Optimization, Machining.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em razão da globalização, nos dias de hoje, as indústrias manufatureiras necessitam ser cada vez mais competitivas para que possam se manter no mercado. Para conseguir isso, devem explorar todas as possibilidades para tornarem-se mais eficientes.

Uma das maneiras de atingir este objetivo é realizar a otimização dos processos de usinagem. Os métodos normalmente utilizados, fazem isso reduzindo os tempos não produtivos ou reduzindo os tempos produtivos.

“Os primeiros estudos econômicos sobre a usinagem dos metais foram realizados por Taylor nos E.U.A e Schlesinger na Alemanha [...] Em seguida, foram realizados vários trabalhos por diferentes pesquisadores” (FERRARESI, 1977).

A primeira publicação sobre otimização de usinagem (PALLEROSI e CUPINI, 1975), foi referente a uma análise da confiabilidade de utilização dos valores  $x$  e  $K$  da Equação de Taylor (4). Com esta publicação, foi definida uma metodologia para otimização de processos de usinagem, que determinava os valores de  $x$  e  $K$  por meio de ensaios de usinagem.

Rodrigues, Diniz e Coppini (1987), elaboraram uma análise sobre a aplicação da referida metodologia de otimização com base na condição de máxima produção, em um cenário de fabricação flexível. Este trabalho, após alguns aperfeiçoamentos, mas com o mesmo enfoque, foi publicado por Diniz et al (1989).

Posteriormente, um sistema denominado Sistema Especialista de Usinagem (SEU) foi proposto por Coppini e Batocchio (1994) e desenvolvido na linguagem *PROLOG*. Um segundo sistema, denominado Sistema Especialista para a Determinação das Condições de Usinagem (SEDCU) foi desenvolvido por Bernardo e Coppini (1996).

Ainda baseado nos mesmos conceitos, Ribeiro (1999) propôs um sistema denominado Assistência Técnica Assistida por Computador (ATAC).

Até então, os sistemas desenvolvidos realizavam análises para a obtenção da velocidade de máxima produção, para ser aplicada principalmente às situações onde a máquina era considerada gargalo.

Com a necessidade de determinação da velocidade de corte para condições onde a redução do custo era o fator importante, desenvolveram-se novos estudos (COPPINI, BERNARDO e MARCONDES, 1995; COPPINI e BAPTISTA, 1998; COPPINI e MALAQUIAS, 1998) nos quais foram analisadas situações de possível ociosidade da máquina e produção flexível e desenvolvido um outro sistema (ARAÚJO e COPPINI, 1997) utilizando-se a linguagem *Visual Basic*.

Baptista (2000) criou um novo sistema, também desenvolvido em *Visual Basic*, denominado *Tool Optimization Expert System* (TOES). O mesmo autor desenvolveu em seguida o sistema MOS (BAPTISTA, 2004) expandindo as funcionalidades do sistema TOES e utilizando a tecnologia ASP a fim de tornar o sistema mais acessível, disponibilizando-o na Internet.

Dando continuidade ao sistema MOS, o presente trabalho realiza um estudo para identificação de melhorias e novas funcionalidades que podem ser adicionadas a ele, com o objetivo de torná-lo mais abrangente, flexível, mais fácil de utilizar, gerenciar e modificar, assim desenvolvendo o sistema MOS 2.

## **1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA**

Existem diversas técnicas utilizadas para a otimização dos processos de usinagem, sendo que uma delas é a otimização por meio de alterações nos parâmetros de usinagem (BAPTISTA, 2000).

Um dos modos possíveis de realizar a otimização dos parâmetros de usinagem é calcular o Intervalo de Máxima Eficiência (IME) e adotar uma velocidade de

corte ( $v_c$ ) contida neste intervalo, já que a  $v_c$  é o parâmetro que possui maior influência sobre o tempo e custo da usinagem (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

Para conseguir isso, analisa-se a função matemática que considera o custo das ferramentas consumidas somados com os custos da máquina, operador e outros custos indiretos, e assim é possível calcular uma velocidade de corte que teoricamente tem um mínimo custo de produção.

Da mesma forma, analisando a função que leva em consideração o tempo de troca da ferramenta, tempo de corte e outros tempos, é possível calcular a velocidade de corte de máxima produção.

Essas duas velocidades de corte são os limites do IME.

Nos últimos seis anos, um sistema especialista para otimização da usinagem baseado no Intervalo de Máxima Eficiência, chamado MOS, foi desenvolvido. Este sistema usa informações como o avanço de usinagem, profundidade de corte e critério de vida da ferramenta, entre outros parâmetros, para calcular a melhor condição operacional para o processo de usinagem e sugerir uma velocidade de corte a ser praticada baseado na análise de cenários produtivos.

Durante o desenvolvimento do sistema MOS, o foco foi o estudo das técnicas de otimização de usinagem e o MOS foi, portanto, construído como primeiro protótipo com o intuito de verificar a aplicabilidade dos procedimentos estudados em um sistema de informação. Por este motivo, o sistema MOS tem deficiências no que se refere aos métodos computacionais, estéticos e facilidade de uso.

Com o desenvolvimento do sistema MOS 2, serão solucionadas algumas das deficiências encontradas no sistema MOS, e dessa maneira possibilitando que os usuário possam utilizar um sistema de otimização de usinagem de maneira mais fácil, agradável e com maior flexibilidade.

## **1.2. OBJETIVO**

Este trabalho objetiva desenvolver e implementar melhorias tanto no modelo de otimização quanto no sistema MOS, criando um novo sistema denominado MOS 2.

## **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho está organizado em cinco capítulos, descritos a seguir:

- capítulo 1 - introdução do trabalho, relevância do tema, objetivo do trabalho e a descrição da organização dos capítulos;
- capítulo 2 - consiste na revisão da literatura sobre usinagem e nele estarão descritos os aspectos gerais e fundamentos importantes para que se possa entender o funcionamento do sistema;
- capítulo 3 – descreve os aspectos gerais e fundamentos importantes relacionados à sistemas de informação, para que se possa entender a metodologia, o desenvolvimento e o funcionamento do sistema;
- capítulo 4 – aqui é apresentada a classificação do trabalho e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do mesmo;
- capítulo 5 – neste capítulo é feita a análise do sistema MOS e a apresentação das melhorias sugeridas;
- capítulo 6 – são mostrados e descritos os diagramas que documentam o funcionamento e estrutura do sistema desenvolvido;
- capítulo 7 – neste capítulo é apresentada a verificação do sistema, a qual foi realizada por meio de simulações e comparação entre os cálculos realizados pelo sistema MOS 2 com os cálculos realizados por uma planilha eletrônica;

- capítulo 8 – são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. ASPECTOS GERAIS DA USINAGEM**

A seguir serão descritos alguns conceitos básicos sobre usinagem cujo entendimento é fundamental para a boa compreensão do desenvolvimento, funcionamento e utilização do sistema MOS 2. Por se tratar de um assunto já consolidado na literatura em geral, foi utilizada uma publicação relativamente recente como referência principal, visto que todos os conceitos abordados são tratados da mesma forma por outros autores, por exemplo Ferraresi (1977).

### **2.1. MOVIMENTOS**

Para que um processo de usinagem ocorra, é preciso que aconteça um movimento entre a ferramenta e a peça sendo usinada. Os movimentos realizados entre a peça e a ferramenta durante o processo de usinagem podem ser classificados em dois tipos: movimentos ativos e movimentos passivos.

Os movimentos ativos são aqueles que efetivamente retiram material da peça, como o movimento de corte, o movimento de avanço e o movimento efetivo de corte (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

Os movimentos passivos são aqueles que quando ocorrem, não há retirada de material da peça, como o movimento de ajuste, movimento de correção, movimento de aproximação e movimento de recuo (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

É importante saber diferenciar e classificar os tipos de movimentos, pois os tempos dispendidos na realização de cada um serão utilizados para a otimização do processo e irão compor o tempo total de fabricação.

## 2.2. VELOCIDADE DE CORTE

A velocidade de corte depende do tipo de operação realizada. Cada tipo de operação possui características próprias de movimento e, portanto, fórmulas de cálculo diferentes.

No caso do torneamento, a velocidade de corte é a velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da ferramenta em torno da peça (segundo a Norma ABNT a peça sempre deve ser considerada parada para efeito de referência) e é dada pela equação (1) (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Onde:

$v_c$  = velocidade de corte (mm/min);

$d$  = diâmetro da ferramenta (mm);

$n$  = rotação da ferramenta (rpm);

## 2.3. VELOCIDADE DE AVANÇO

Para a operação de torneamento, a velocidade de avanço pode ser calculada utilizando-se a equação (2) (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$v_f = f \cdot n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \quad (2)$$

Onde:

$v_f$  = velocidade de avanço (mm/min);

$f$  = avanço de usinagem (mm/volta);

## 2.4. TEMPO DE CORTE

O tempo de corte representa a soma de todos os tempos ativos, ou seja, dos tempos em que a ferramenta está removendo material da peça. Para o caso de torneamento cilíndrico, ele pode ser calculado por meio da equação (3) (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$t_c = \frac{l_f}{v_f} = \frac{l_f}{f \cdot n} = \frac{\pi \cdot d \cdot l_f}{1000 \cdot f \cdot v_c} \quad (3)$$

Onde:

$l_f$  = percurso de avanço (mm);

## 2.5. TEMPOS PASSIVOS

Os tempos passivos geralmente são medidos ou estimados utilizando-se técnicas de cronometragem ou de estudo de movimentos, já que nem sempre podem ser calculados (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

Exemplos de tempo passivo são o tempo de afastamento da ferramenta, tempo de colocação e fixação da peça na máquina-ferramenta ou o tempo de inspeção e retirada da peça usinada (FERRARESI, 1977).

## 2.6. DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

A combinação de altas temperaturas e pressão pode gerar a deformação plástica da aresta de corte, que implica em deterioração do acabamento superficial da peça ou até mesmo a quebra da ferramenta (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

## **2.7. LASCAMENTO**

O lascamento ocorre quando a ferramenta é muito frágil, quando há pouco reforço na aresta de corte ou ainda quando há choques entre a ferramenta e a peça. Ele consiste no desprendimento de grandes quantidades de material da ferramenta, ocasionando a deterioração do acabamento superficial e posteriormente a quebra da ferramenta (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

## **2.8. TRINCAS**

As trincas podem ser de origem mecânica quando ocorrem devido a variações de esforços mecânicos, ou de origem térmica, quando ocorrem devido a variações de temperatura. O aumento da quantidade de trincas leva à quebra da ferramenta (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

## **2.9. QUEBRA**

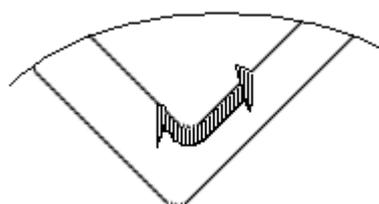
Com o aumento dos desgastes, fatalmente ocorre a quebra da ferramenta. É possível, entretanto que a mesma ocorra de forma inesperada. Quando a ferramenta se quebra, ela pode ocasionar danos ao porta-ferramentas e até mesmo à peça sendo usinada. Portanto, esta é uma situação que deve ser evitada (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

## **2.10. DESGASTE DA FERRAMENTA**

Naturalmente, durante o processo de usinagem, enquanto o material é removido, há também um desgaste da ferramenta, ocasionado pelo atrito e aquecimento, entre outros fatores. Segundo Diniz, Marcondes e Coppini (2001), Os principais desgastes sofridos pela ferramenta são:

### 2.10.1. DESGASTE FRONTAL

Ocorre na superfície de contato entre a peça e a ferramenta (Figura 1), é o desgaste mais comum e acontece em qualquer processo de usinagem. Quanto maior a velocidade de corte, maior será esse desgaste. Ele pode alterar a forma da ferramenta, ocasionando um pior acabamento superficial ou uma alteração na medida da peça, fazendo-a sair da faixa de tolerância (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

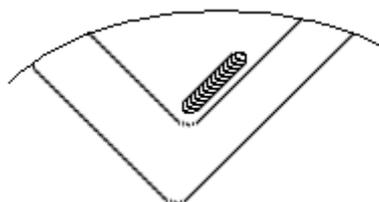


*FIGURA 1 – DESGASTE FRONTAL*

*FONTE: DINIZ, MARCONDES E COPPINI (2001).*

### 2.10.2. DESGASTE DE CRATERA

É o desgaste que ocorre no local onde o cavaco formado entra em contato com a ferramenta, ou seja, na superfície da saída da ferramenta (Figura 2). Só ocorre quando o cavaco possui contato com a ferramenta e pode não ser significativo dependendo da dureza da ferramenta em relação ao material da peça. Ocasionalmente causa a quebra da ferramenta quando este desgaste encontra-se com o desgaste frontal (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).



*FIGURA 2 – DESGASTE DE CRATERA*

*FONTE: DINIZ, MARCONDES E COPPINI (2001).*

## **2.11. MECANISMOS DE DESGASTE DE FERRAMENTAS**

Diversos são os fenômenos causadores do desgaste da ferramenta. O entendimento de como os desgastes ocorrem é importante para a compreensão do processo de otimização utilizado pelo sistema MOS 2. A seguir estão listados os principais: (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

### **2.11.1. ARESTA POSTIÇA DE CORTE**

Durante a usinagem, pode acontecer de parte do cavaco ficar preso entre a peça e a ferramenta. Quando isso ocorre, o comportamento do desgaste da ferramenta, acabamento superficial e força de corte são alterados. Quando a usinagem está ocorrendo em baixa velocidade de corte, esse cavaco pode se soldar à ferramenta, ficando preso a ela. Com mais cavacos se acumulando entre a ferramenta e a peça, essa nova camada formada pelo cavaco soldado é chamada de aresta postiça de corte (APC) e deforma a aresta de corte até o momento que se rompe bruscamente, levando com ela partículas da própria ferramenta aumentando assim o desgaste frontal da mesma (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

A formação da APC, além de ocasionar grande desgaste da ferramenta em velocidades baixas, prejudica o acabamento superficial da peça. Existe, porém, uma velocidade de corte acima da qual a temperatura de recristalização do material do cavaco é ultrapassada e a APC não se forma. Essa velocidade é chamada de velocidade crítica (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

### **2.11.2. ABRASÃO MECÂNICA**

É o desgaste causado pelo atrito entre a peça e a ferramenta. O desgaste frontal é causado pelo atrito direto entre a ferramenta e a peça e o desgaste de cratera é gerado pelo atrito entre o cavaco e a ferramenta (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

### **2.11.3. ADERÊNCIA**

Quando a ferramenta e a peça estão em contato sob cargas moderadas e baixa velocidade de corte, entre as áreas que se encontram em contato forma-se um extrato metálico que provoca a aderência entre elas. Essa aderência aumenta até o ponto em que as superfícies são forçadas a se separar e ocorrem rupturas ou na peça, ou na ferramenta, fazendo com que a superfície de um metal mova-se para o outro, no qual fica aderido (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

### **2.11.4. DIFUSÃO**

A difusão é uma reação química entre os metais na qual átomos de um metal migram para o outro. Este fenômeno é ativado pela temperatura, dependendo dos materiais utilizados e do tempo de contato entre os metais (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

### **2.11.5. OXIDAÇÃO**

A combinação de altas temperaturas e presença de ar e água em contato com os materiais gera a oxidação. O desgaste gerado por oxidação é maior nas extremidades do contato entre o cavaco e a ferramenta, pois é nessa região onde existe maior acesso do ar (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

## **2.12. VIDA DA FERRAMENTA**

A vida da ferramenta é um conceito de fundamental entendimento para a realização da otimização do processo de usinagem usando o sistema MOS 2.

“Vida da ferramenta é o tempo que a mesma trabalha efetivamente (deduzidos os tempos passivos), até perder a capacidade de corte, dentro de um critério previamente estabelecido” (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

Quando se está medindo a vida da ferramenta, é preciso definir previamente um critério de vida, que uma vez escolhido não deve ser alterado. Caso o critério de vida seja alterado, as medições de vida realizadas utilizando um critério não poderão ser comparadas com as medições que utilizarem um critério diferente. Durante o processo de otimização de usinagem, ao realizar as diversas medições da vida da ferramenta, todas elas deverão ser realizadas segundo o mesmo critério, ou a otimização poderá apresentar resultados incorretos.

Diversos critérios de fim de vida são utilizados para determinação da vida da ferramenta. Alguns indicadores que podem ser utilizados são:

- desgaste elevado da ferramenta, de modo que se tema a quebra da mesma;
- aumento na força de usinagem, necessitando de maiores esforços da máquina;
- aumento na corrente elétrica do motor da máquina, em decorrência do maior esforço para realizar a usinagem;
- medição da rugosidade da peça usinada até que a tolerância seja comprometida;

Embora existam vários indicadores e critérios para definir o fim da vida da ferramenta, na indústria eles são difíceis de serem detectados, e o operador acaba por adotar um comportamento conservador, geralmente trocando a ferramenta antes do necessário, temeroso de que ocorra uma quebra e a produção seja prejudicada.

A solução para este problema é o melhor treinamento do operador para que ele tenha mais subsídios para decidir o momento da troca da ferramenta. Também é possível medir os indicadores de forma indireta por meio de sensores como, por exemplo, sensores de vibração, emissão acústica e amperímetro.

Pires e Diniz (1996), em estudo realizado numa fábrica de usinagem média e pesada, verificaram que 68% das arestas de corte eram trocadas precocemente. Após o treinamento do operador para utilizar um amperímetro e assim monitorar a corrente consumida pela máquina, esse número caiu para 16,6 %.

Wang et al (2002) propõe um modelo de medição do desgaste da ferramenta analisando os sinais de vibração nas operações de torneamento.

Lee e Park (2000) discutem os recentes avanços na tecnologia de medição e inspeção a laser que permitem que esta tecnologia seja utilizada em ambiente produtivo.

Nos casos em que o critério de fim de vida utilizado for a rugosidade superficial, é preciso ficar atento às características do material que está sendo usinado. Salles e Gonçalves (2003) realizaram estudos de rugosidade em usinagem de polietileno de ultra-alto peso molecular e concluíram que a velocidade de corte possui pouca influência na rugosidade, sendo o avanço o principal parâmetro responsável. Nesse caso, o avanço deveria ser escolhido corretamente, pois possui grande influência na vida da ferramenta. Esses estudos vêm reforçar as conclusões obtidas por Diniz, Marcondes e Coppini (2001).

### **2.12.1. INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE USINAGEM NA VIDA DA FERRAMENTA**

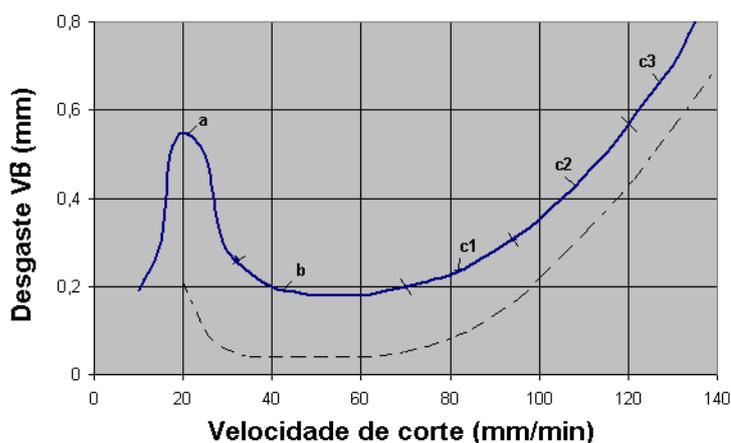
Quando se compara a influência da profundidade de usinagem, do avanço e da velocidade de corte na vida da ferramenta, a velocidade de corte é o parâmetro que mais influencia a vida e o desgaste da ferramenta. Diniz, Marcondes e Coppini (2001) demonstraram que um aumento de 10% na velocidade de corte faz com que a vida da ferramenta seja diminuída muito mais que um aumento de 10% na profundidade de usinagem.

Caldeirani e Diniz (2002) realizaram experiências que comprovam a influência maior da velocidade de corte entre os demais parâmetros de corte em operações de fresamento.

Portanto, devido a sua influência negativa na vida da ferramenta, a velocidade de corte deve receber maior atenção em relação aos outros parâmetros de corte.

### 2.12.2. CURVA DE VIDA DA FERRAMENTA

Sendo a velocidade de corte o parâmetro de maior influência no desgaste da ferramenta, a fim de estudar economicamente o processo de usinagem, é necessário conhecer a curva que fornece a vida da ferramenta em função da velocidade de corte. Esta curva é obtida analisando-se gráficos auxiliares traçados para diferentes velocidades e tempos de trabalho para um par ferramenta-peça. A Figura 3 representa um gráfico do desgaste de flanco ( $v_B$ ) da ferramenta em função da velocidade de corte para um determinado tempo de usinagem (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).



*FIGURA 3 – DESGASTE DA FERRAMENTA*

*FONTE: DINIZ, MARCONDES E COPPINI (2001).*

Pode-se dividir esta curva em 3 regiões distintas:

a – trecho com menor velocidade de corte onde ocorrem grandes desgastes devido a efeitos como o da aresta postíça de corte;

b – trecho com velocidades de corte maiores e desgastes mínimos;

c - trecho com velocidades de corte altas e desgastes maiores.

Segundo Ferraresi (1977), “a região c da curva é economicamente a mais interessante, apesar do desgaste ser maior que no trecho b”.

Isso ocorre porque o aumento na produção ocasionado por uma velocidade de corte mais alta pode compensar o maior desgaste da ferramenta.

Representando a função da curva de vida da ferramenta para o trecho c da Figura 3 em uma escala logarítmica, obtém-se um gráfico próximo ao de uma reta. Para esse trecho a equação da vida da ferramenta em função da velocidade de corte, deduzida pela primeira vez por Taylor é dada na equação (4).

Os parâmetros  $x$  e  $K$  são constantes que variam com o material da peça, da ferramenta, área e forma da secção de corte, geometria da ferramenta, fluido de corte e critério de fim de vida da ferramenta (Diniz, Marcondes e Coppini, 2001).

$$T = K \cdot v_c^{-x} \quad (4)$$

Onde:

$T$  = vida da ferramenta (min);

$K$  = constante;

$x$  = constante.

É possível determinar os valores de  $x$  e  $K$  por meio de ensaios, seguindo-se o seguinte procedimento:

1. realizar a usinagem utilizando a velocidade de corte atual ( $v_{C1}$ ) e, utilizando-se algum critério, medir a vida da ferramenta em minutos;
2. escolher uma segunda velocidade de corte  $\pm 20\%$  em relação à anterior ( $v_{C2}$ ) (PALLEROSI; COPPINI, 1975);
3. realizar nova usinagem com a velocidade escolhida e utilizando o mesmo critério, medir a nova vida em minutos;

4. calcular o valor de  $x$  utilizando a equação (5) e o valor de  $K$  utilizando a equação (6) (BAPTISTA, 2004).

$$x = \frac{\log\left(\frac{T_1}{T_2}\right)}{\log\left(\frac{v_{c2}}{v_{c1}}\right)} \quad (5)$$

Onde:

$T_1$  = vida da aresta da ferramenta expressa em tempo para  $v_{c1}$  [min];

$T_2$  = vida da aresta da ferramenta expressa em tempo para  $v_{c2}$  [min];

$v_{c1}$  = primeira velocidade de corte [m/min];

$v_{c2}$  = segunda velocidade de corte [m/min].

$$K = T_{c1} \cdot v_{c1}^x \quad (6)$$

Onde:

$t_{c1}$  = tempo efetivo de corte para  $v_{c1}$  [min];

É importante notar que os valores de  $x$  e  $K$  obtidos por meio deste procedimento serão válidos somente para as velocidades de corte entre  $v_{c1}$  e  $v_{c2}$ . Pode-se utilizar valores fora deste intervalo, porém quanto mais afastados dele, maior será o erro no valor encontrado.

### 2.13. CONDIÇÕES ECONÔMICAS DE USINAGEM

Antes de realizar a otimização da usinagem, é preciso definir qual a finalidade da otimização. Algumas vezes a intenção é reduzir ao máximo o custo de produção; contudo, pode existir a necessidade de produzir o máximo de peças possíveis.

Existem diversos métodos para definir a melhor condição econômica ou produtiva de usinagem (MUKHERJEE e RAY, 2006).

Meng, Arsecularatne e Matthew (2000), propõe um método de otimização a partir da modificação da equação de expandida de Taylor.

Para atingir qualquer uma das finalidades descritas, deve-se estudar o impacto da variação da velocidade de corte, já que ela é o parâmetro que possui maior influência sobre o tempo e custo da usinagem.

O cálculo do tempo total de usinagem de uma peça em função da velocidade de corte é feito por meio da equação (7), a qual é uma forma simplificada da equação (8) (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$t_t = t_c + t_1 + t_2 \quad (7)$$

Onde:

$t_t$  = tempo total de usinagem de uma peça (min);

$t_c$  = tempo de corte (min);

$t_1$  = tempos não produtivos (aproximação e afastamento da ferramenta, colocação e retirada da peça, preparação da máquina) (min);

$t_2$  = tempo de troca da ferramenta (com o aumento da velocidade de corte, o desgaste é maior e conseqüentemente mais trocas de ferramentas serão necessárias para realizar a usinagem e mais tempo será gasto nas trocas) (min);

$$t_t = t_c + \left( t_s + t_a + \frac{t_p}{Z} - \frac{1}{Z} \cdot t_{ft} \right) + \frac{t_c}{T} \cdot t_{ft} \quad (8)$$

Onde:

$t_s$  = tempos de colocação, fixação, inspeção e retirada da peça (min);

$t_a$  = tempo aproximação e afastamento da ferramenta (min);

$t_p$  = tempo de preparo da máquina (min);

$t_{ft}$  = tempo de troca da ferramenta (min);

$Z$  = número de peças do lote;

$T$  = vida da ferramenta (min);

Após identificar os tempos de fabricação envolvidos, é possível, utilizando a equação (9), realizar o cálculo do custo de produção em função da velocidade de corte (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$Kp = C_1 + \frac{t_c}{60} \cdot C_2 + \frac{t_c}{T} \cdot C_3 \quad (9)$$

Onde:

$K_p$  = Custo de produção por peça (R\$);

$C_1$  = custos que não dependem da velocidade de corte (R\$);

$C_2$  = custos com máquina e operador e relacionados aos tempos utilizados desses recursos (R\$ por hora);

$C_3$  = custos relativos às ferramentas (R\$);

Assim sendo, utilizando-se fórmulas que calculam o custo da produção (9) e o tempo total de usinagem (8) em função da velocidade de corte, pode-se construir um gráfico com essas duas funções (Diniz, Marcondes e Coppini, 2001).

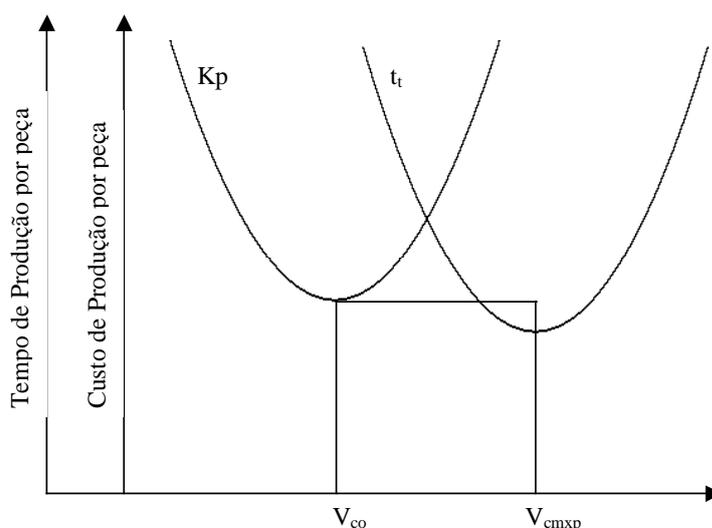


FIGURA 4 – INTERVALO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA

FONTE: DINIZ, MARCONDES E COPPINI (2001).

Neste gráfico, pode-se notar que existe uma determinada velocidade de corte para a qual o custo de produção será o menor possível ( $v_{co}$ ) e uma outra para a qual a produção será a maior possível ( $v_{cmxp}$ ). O intervalo compreendido entre a velocidade de corte de mínimo custo e a velocidade de corte de máxima produção representa a faixa de velocidades dentro da qual se deve trabalhar

para obter a máxima eficiência. A esse intervalo dá-se o nome de IME (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

Derivando-se as equações utilizadas para traçar a curvas de mínimo custo e máxima produção, obtém-se equações para calcular respectivamente as velocidades de corte de máxima produção (equação (10)) e de mínimo custo (equação (11)) (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001).

$$V_{c_{mxp}} = \sqrt[x]{\frac{K}{(x-1) \cdot t_{ft}}} \quad (10)$$

$$V_{co} = \sqrt[x]{\frac{C_2 \cdot K}{60 \cdot (x-1) \cdot C_3}} \quad (11)$$

Também é preciso observar que cada sistema máquina-ferramenta-peça possui seus próprios limites de velocidade mínima e máxima, impostos por limitações físicas. Podem ocorrer casos em que a menor velocidade de corte possível para uma máquina seja maior que a velocidade de corte de mínimo custo. O mesmo pode ocorrer com a velocidade máxima permitida pela máquina, que pode ser menor que a velocidade de máxima produção. Isso significa que, as velocidades de mínimo custo e máxima produção calculadas pelo IME, nem sempre podem ser utilizadas na máquina, sendo necessário adotar, ao invés delas, as velocidades possíveis para a máquina, respeitando os limites da mesma.

### 3. ASPECTOS GERAIS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Este trabalho compreende o desenvolvimento de um sistema de informação baseado em computador para ajudar na tarefa da otimização do processo de usinagem. Para desenvolver um sistema, é necessário possuir os conceitos básicos sobre o que são sistemas. Alguns desses conceitos básicos sobre sistemas de informação serão discutidos a seguir. Como o sistema a ser desenvolvido será um sistema WEB, adicionalmente serão discutidos também alguns conceitos referentes à esta tecnologia.

#### 3.1. DADOS X INFORMAÇÃO

Informação e dados, embora sejam termos distintos, freqüentemente são confundidos um com o outro.

Segundo Stair (1998), dados são fatos em sua forma primária, que não têm valor por si só. Somente quando os fatos são organizados de forma significativa é que eles se tornam uma informação. Informação é um conjunto de fatos organizados de tal forma que adquirem valor adicional além do valor do fato em si.

A transformação de dados em informações ocorre após a realização de um processo de transformação (FIGURA 5). Este processo de transformação pode ser mental, manual ou computacional (STAIR, 1998).

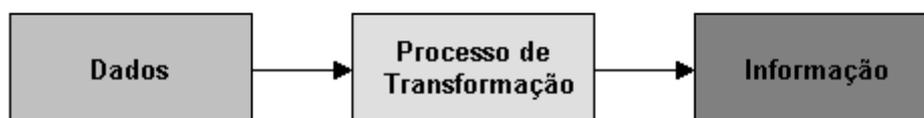


FIGURA 5 – TRANSFORMAÇÃO DE DADOS EM INFORMAÇÕES

*FONTE: STAIR (1998).*

### 3.2. VALOR DA INFORMAÇÃO

Não basta transformar dados em informação se a informação obtida não tiver valor. Desperdiçar recursos no processamento dos dados a fim de gerar uma informação que não sirva para nenhum propósito, ou cujo custo de processamento não compense, deve ser evitado. Stair (1998), lista as características de uma boa informação como mostrado no Quadro 1.

### 3.3. SISTEMAS

Um sistema é definido como “um conjunto de elementos ou componentes que interagem para se atingir objetivos” (STAIR, 1998).

Já O'Brien (2003) define sistema como “um grupo de elementos inter-relacionados ou em interação que formam um todo unificado”, “um grupo de componentes inter-relacionados que trabalham juntos rumo a uma meta comum recebendo insumos e produzindo resultados em um processo organizado de transformação”.

Os sistemas possuem entradas, mecanismos de processamento, saídas e *feedback*. Os próprios elementos e a interação entre eles determina como o sistema trabalha.

O sistema de informação é um tipo especializado de sistema e pode ser definido de diversas maneiras.

Stair (1998) define sistema de informação como “uma série de elementos ou componentes inter-relacionados que coletam (entrada), manipulam e armazenam (processo), disseminam (saída) os dados e informações e fornecem um mecanismo de *feedback*”.

Características	Definições
Precisa	A informação precisa não tem erros. Em alguns casos a informação imprecisa é gerada pela entrada de dados incorretos no processo de transformação.
Completa	A informação completa contém todos os fatos importantes.
Econômica	A informação deve ser de produção relativamente econômica. Deve-se fazer um balanço do valor da informação com o custo de sua produção.
Flexível	A informação flexível pode ser utilizada para diversas finalidades, podendo ser utilizada para diversos fins
Confiável	A informação deve ser confiável, mas muitas vezes a confiabilidade da informação depende da confiabilidade do método de coleta dos dados e da fonte de informação.
Relevante	A informação deve ser relevante para o tomador de decisões
Simple	A informação deve ser simples e não exageradamente complexa. Informações demais podem confundir o tomador de decisões que não consegue determinar o que realmente é importante.
Em tempo	A informação deve ser enviada quando necessário.
Verificável	A informação deve ser verificável, ou seja, deve ser possível checa-la para saber se está correta.

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DA BOA INFORMAÇÃO

Já O'Brien (2003) o define como “um sistema que recebe recursos de dados como entrada e os processa em produtos de informação como saída”.

Embora ambas as definições sejam consideradas válidas, a de Stair é mais completa por citar o mecanismo de *feedback*.

A Figura 6 mostra a estrutura básica de funcionamento de um sistema de informação.

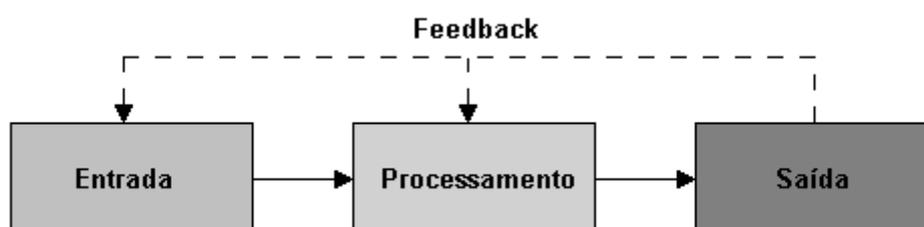


FIGURA 6 – SISTEMA DE INFORMAÇÃO

FONTE: STAIR (1998).

Os sistemas de informação podem ser manuais ou computadorizados. Muitos sistemas de informação surgem como procedimentos manuais e posteriormente se transformam em sistemas computadorizados. Um erro comum é pensar que a computadorização de um sistema o tornará melhor ou acabará com as suas falhas, quando na verdade o que ocorre é o aumento do impacto das falhas existentes.

“O sistema de informação baseado em computador é composto pelo *hardware*, *software*, banco de dados, telecomunicações, pessoas e procedimentos que estão configurados para coletar, manipular, armazenar e processar dados em informações”. A Figura 7 mostra os componentes de um sistema de informação baseado em computador (STAIR, 1998).

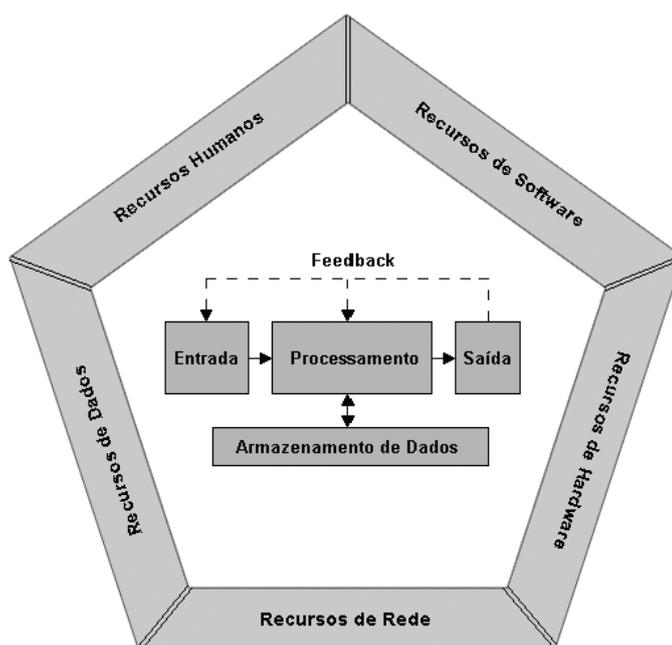


FIGURA 7 – SISTEMA DE INFORMAÇÃO BASEADO EM COMPUTADOR

FONTE: STAIR (1998).

### 3.4. SISTEMAS WEB

“Um aplicativo *WEB* pode ser definido como um aplicativo que dependa da *WEB* para a sua correta execução” (KRISTENSEN,1998).

Com o grande crescimento da *Internet*, as empresas cada vez mais têm utilizado as tecnologias de rede *Internet* como plataforma tecnológica. Protocolos de comunicação TCP/IP, dispositivos de segurança como *firewalls*, servidores de *Internet* e *Intranet* e navegadores de rede são apenas alguns exemplos do que compreende esta tecnologia. O desenvolvimento de sistemas que utilizam desta tecnologia tem reforçado a montagem de redes cliente/servidores baseados em arquitetura de sistemas abertos (O'BRIEN, 2003)

Sistemas abertos são sistemas de informação que utilizam padrões comuns para *hardware*, *software*, aplicações e redes. Esses sistemas, como por

exemplo a *Internet*, *Intranets* e *Extranets* criam um ambiente de computação aberto, com maior conectividade e maior interoperabilidade, sendo fácil de ser acessado por usuários finais, e aumentando a facilidade para a troca de informações entre aplicativos. (O'BRIEN, 2003)

Em essência, um aplicativo *WEB* é um *software* cliente/servidor que interage com os usuários ou outros sistemas utilizando o protocolo HTTP. O usuário utiliza um navegador como o *Internet Explorer*, *Netscape Navigator* ou *Mozilla Firefox* e acessa páginas *WEB* por meio das quais ele interage com o aplicativo enviando informações e recebendo outras páginas como resposta. (CURPHEY et al, 2002)

### **3.5. TECNOLOGIAS *WEB***

São inúmeras as tecnologias utilizadas para sistemas baseados em *WEB*. Elas compreendem desde as tecnologias de *software* como os aplicativos servidores de páginas, *e-mails*, *softwares* de *firewall*, navegadores, entre outros até as tecnologias de *hardware*, como os computadores, roteadores e cabeamento de rede. A seguir está uma descrição de algumas dessas tecnologias que foram utilizadas no desenvolvimento do MOS 2.

#### **3.5.1. HTML**

Bush (1945), quando descreve sua visão de um sistema computadorizado de hipertexto chamado memex, talvez tenha sido o primeiro a descrever a idéia do que hoje são as páginas *WEB*.

O termo hipertexto foi utilizado pela primeira vez por Nelson (1965) em seu artigo "*A File Structure for the Complex, The Changing and the Indeterminate*".

Tim Berners-Lee é considerado o criador da *World Wide Web* (WWW), e descreve em seu artigo "*World-Wide Web: The Information Universe*" a tecnologia e conceitos para a criação de um sistema para compartilhamento de informações utilizando páginas contendo hipertextos. Para a criação das

páginas ele descreve uma sintaxe simples para definição de hipertexto (BERNERS-LEE et al,1992).

O HTML (*HyperText Markup Language*) foi originalmente desenvolvido por Tim Bernes-Lee enquanto trabalhava no CERN e popularizado pelo navegador *Mosaic* desenvolvido pela NCSA (RAGGETT, HORS e JACOBS,1999).

Atualmente o W3C (*World Wide Web Consortium*), fundado pelo próprio Tim Bernes-Lee entre outros em 1994 trata da padronização de vários formatos existentes na *Internet*, entre eles o formato HTML (JONES, 2001 p.74).

A finalidade do HTML é servir como uma linguagem padrão para a publicação de informações que possa ser entendida por qualquer computador.

O acesso a uma página HTML funciona da seguinte forma: Quando um cliente utilizando um navegador deseja acessar uma página em HTML, ele envia uma solicitação a um servidor. O servidor, recebendo a solicitação, envia ao cliente o arquivo solicitado no formato HTML. Cabe ao navegador, após receber o arquivo do servidor, interpretar o conteúdo recebido em HTML exibindo-o em um formato gráfico na tela do usuário, como demonstrado na Figura 8.

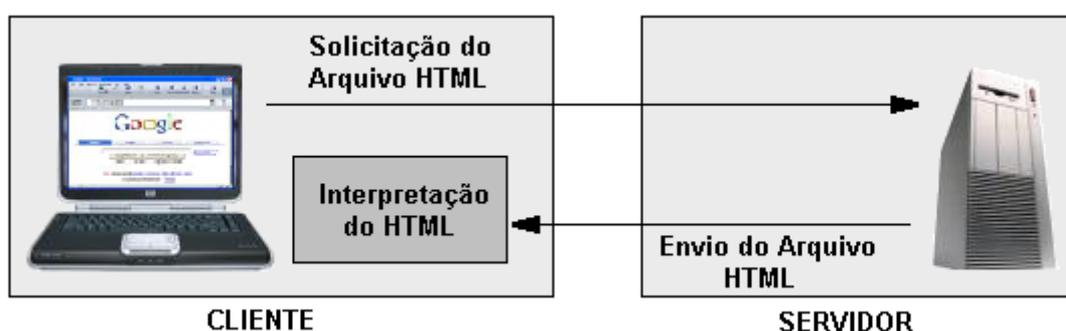


FIGURA 8 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA HTML

### 3.5.2. CGI

Apesar de ser um formato universal largamente utilizado, o HTML é um formato para documentos estáticos, ou seja, uma vez o arquivo pronto, a informação exibida será sempre a mesma. Com o tempo surgiu a necessidade de que a informação exibida fosse diferente a cada vez que a página fosse acessada.

Surgiu então a tecnologia para os aplicativos CGI (*Common Gateway Interface*). Um programa CGI pode ser escrito em diversas linguagens, sendo que uma das mais utilizadas é a linguagem *Pearl* (JONES, 2001)

A diferença é que uma página CGI não é enviada diretamente ao cliente quando é requisitada. Antes de ser enviada, o código fonte da página CGI é interpretado no servidor e o resultado desse código gera uma saída HTML e somente esse resultado é que é enviado ao cliente. Com esse pré-processamento aliado ao padrão universal HTML é possível gerar páginas com conteúdo dinâmico que podem exibir informações diferentes a cada acesso (JONES, 2001).

Uma das características de um sistema *WEB* é que ele pode ser acessado por diversos usuários ao mesmo tempo. Não é incomum sistemas em que centenas ou milhares de usuários acessam uma página simultaneamente.

Segundo Jones (2001), uma das limitações do CGI é que para que o código fonte da página seja interpretado no servidor, o seguinte procedimento é realizado:

1. um aplicativo que interpreta o *script* é carregado na memória;
2. o *script* é interpretado gerando a saída HTML;
3. o aplicativo que interpretou o *script* é descarregado da memória.

O problema é que isso é realizado para cada solicitação do cliente. Quando são centenas de solicitações por segundo, o aplicativo é carregado milhares de vezes, deixando o processo lento e ocupando muito espaço na memória.

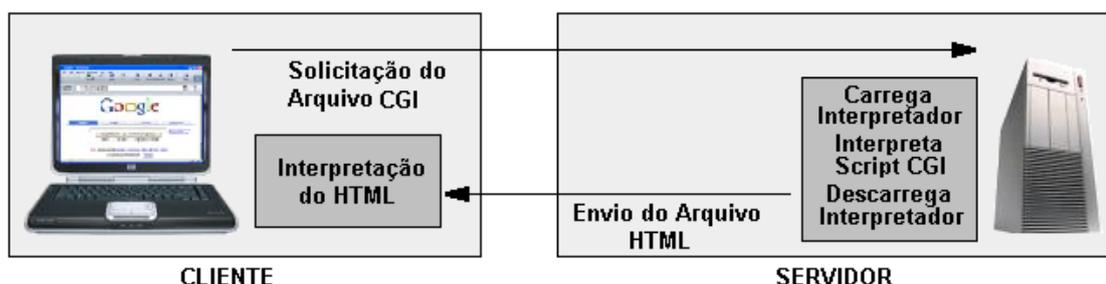


FIGURA 9 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA CGI

### 3.5.3. ASP

Como alternativa para solucionar o problema de gerenciamento de memória do CGI, os fornecedores de software para servidor *WEB* começaram a fornecer tecnologias incorporadas nos próprios servidores de páginas, com aplicativos interpretadores de *scripts* que eram carregados uma única vez e ficavam ativos na memória enquanto o servidor de páginas estivesse disponível ao invés de serem carregados e descarregados a cada solicitação de página (JONES, 2001).

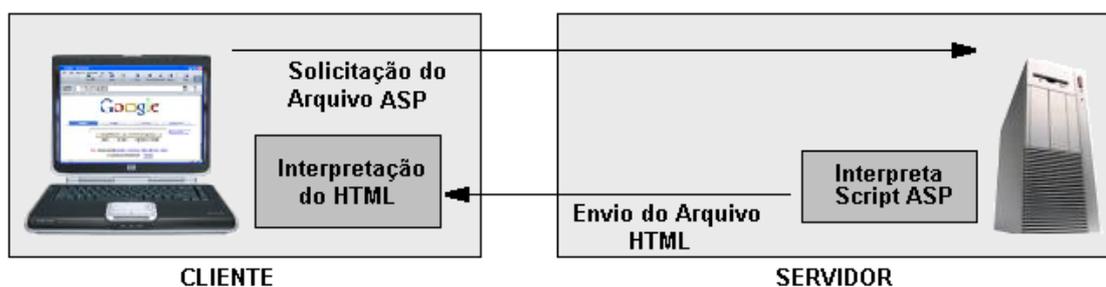


FIGURA 10 – REQUISIÇÃO DE PÁGINA ASP

Para o servidor de páginas da Microsoft (IIS – *Internet Information Services*), ela nomeou essa nova tecnologia como ISAPI (*Internet Server Application Programming Interface*). O ASP, portanto, é um aplicativo ISAPI que é executado no servidor de páginas da Microsoft e permite a interpretação de *scripts* em diversas linguagens como *VBScript*, *PerlScript* e *JavaScript* (JONES, 2001).

Existem outras tecnologias concorrentes do ASP para a programação de conteúdos dinâmicos, como o PHP, *JavaServer Pages* ou o *ColdFusion*, mas como a tecnologia utilizada para desenvolvimento do MOS 2 foi o ASP, essas outras tecnologias não serão descritas aqui.

### 3.6. LEIAUTE DE UM SISTEMA WEB

Como o sistema MOS é um sistema que tem como base as tecnologias *WEB*, ele deve seguir os padrões estéticos indicados para os sistemas e páginas *WEB*.

Na Internet, existem *sites* de todos os tipos. Considerando que a avaliação é subjetiva, existem *sites* de baixa e de alta qualidade, no que se refere ao conteúdo, identificação da empresa proprietária, facilidade de uso, utilização de recursos avançados e *links* para outras fontes de informações. Os usuários da *WEB* vêm se tornando mais céticos em relação às informações encontradas na *WEB* e receosos das experiências de navegação. Como resultado, os desenvolvedores *WEB* têm que se preocupar em fazer com que seus *sites* passem uma imagem de credibilidade (FOGG et al, 2001).

A estética de um *site* também é um aspecto a ser considerado. A estética pode fazer com que um usuário se sinta bem e satisfeito com o sistema ou tornar a utilização do sistema algo não prazeroso, acabando por afastá-lo (LAVIE e TRACTINSKY, 2004); (PARK, CHOI e KIM, 2004); (TRACTINSKY, COKHAVI e KIRSCHENBAUM, 2004); (SCHENKMAN e JONSSON, 2000).

Em um experimento (Haig e Whitfield, 2001), foram medidas diversas características a fim de julgar a preferência estética de uma população de usuários. Como resultado percebeu-se que os usuários dão preferência à *sites* que utilizam recursos de imagens e sons se comparados com *sites* utilizando somente textos.

Mesmo preferindo uma interface mais gráfica e com imagens, é necessário tomar cuidados para não exagerar na utilização desses recursos e comprometer a utilização do sistema desviando a atenção do usuário. Os usuários de um sistema *WEB* esperam poder realizar as tarefas que necessitam de forma mais direta possível e muitas vezes uma quantidade muito grande de imagens e animações acabam por distrair a atenção influenciando no real objetivo do sistema (KARVONEN, 2000).

A escolha das cores também é uma parte importante na definição estética de uma página *WEB*. Cores com maior contraste, como o preto e branco, devem ser escolhidas para textos a fim aumentar a legibilidade e assim tornar a experiência de leitura mais agradável. Esteticamente, em pesquisas realizadas, notou-se uma preferência de cores de comprimento de onda curto, como azul e verde. Diferentes estudos, os quais levaram em consideração inclusive variações culturais, chegaram à mesma conclusão quanto às cores preferidas esteticamente pelos usuários (HALL e HANNA, 2004).

Existem diversas regras e sugestões existentes para melhoria da estética de um sistema *WEB*, as quais devem ser aplicadas quando possível (GERACI, 2002).

## **4. METODOLOGIA**

Neste capítulo é feita a classificação metodológica do trabalho como um todo e descritos os passos que foram seguidos para o seu desenvolvimento.

### **4.1. CLASSIFICAÇÃO**

O sistema para otimização de usinagem proposto é na verdade, uma ferramenta que facilita a tarefa de otimização, adicionando inteligência e flexibilidade ao procedimento e assim permitindo que pessoas sem um conhecimento profundo da teoria de otimização possam se beneficiar das suas vantagens.

Neste trabalho, busca-se o desenvolvimento e implementação de melhorias em um sistema computacional existente. Esse novo sistema será baseado no sistema MOS, já desenvolvido (BAPTISTA, 2004), porém com melhorias na estrutura, no leiaute, a adição de funcionalidades adicionais e a implementação de novas abordagens de otimização.

Levando em conta que este trabalho abrangerá o desenvolvimento de um sistema novo, com mudanças no modelo matemático e computacional, há a preocupação de explicar o porquê da aplicação das técnicas e métodos escolhidos com suficiente detalhamento.

A classificação do presente trabalho foi realizada em etapa anterior ao início do desenvolvimento do mesmo. Isto é importante, pois cada tipo de pesquisa requer diferentes abordagens e metodologias de pesquisa.

A literatura disponível sobre o assunto é vasta, contudo foi consultada uma publicação clássica que atendeu às necessidades do trabalho.

Segundo Gil (1991), é usual que se classifique as pesquisas de acordo com seus objetivos gerais. Olhando-se as características descritas por ele, o

presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa explicativa, dado o objetivo não de simplesmente obter familiaridade com o assunto, nem descrevê-lo, mas sim explicar o porquê das escolhas e dos métodos.

Um outro tipo de classificação, também sugerido por Gil (1991) é a classificação baseada nos procedimentos técnicos utilizados. Este método classificatório considera a maneira como os dados são coletados e as formas de controle das variáveis envolvidas.

Ainda segundo Gil (1991), “Essencialmente, a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

Levando-se em consideração tal definição, é possível classificar o presente trabalho como uma pesquisa experimental, pois ele possui todas essas características. O objeto do estudo é o sistema “máquina – operação - ferramenta” que será otimizado. As variáveis envolvidas são as que o usuário fornecerá, das quais o *software* se utilizará para realizar o cálculo do intervalo de máxima eficiência. Uma vez obtidos os dados, através do modelo matemático, a variável “velocidade de corte” será influenciada a fim de se obter um efeito desejado. Após a aplicação dessa mudança no modelo real, o usuário poderá perceber o efeito pretendido, o que consiste na observação dos efeitos.

Dentro da pesquisa experimental, existem também algumas modalidades nas quais pode-se classificá-la. Como o trabalho realizado, agora classificado como pesquisa experimental, tem como função comparar o cenário antes e depois da intervenção do *software* a fim de constatar se houve realmente uma melhora de produtividade e/ou custo, ele é classificado como um experimento “antes-depois”.

## **4.2. METODOLOGIA**

Quando se trata de uma pesquisa experimental, existem certos aspectos da metodologia que se tornam importantes e, portanto, necessitam de cuidados especiais. A formulação do problema precisa ser clara, precisa e objetiva, bem como o controle das variáveis e do ambiente, ou as conclusões e objetivos podem não ser alcançados.

Uma vez que o problema foi formulado no objetivo do trabalho, os passos adotados para a realização desta pesquisa são descritos a seguir.

### **4.2.1. ESTUDO DO SISTEMA ATUAL**

Como o sistema desenvolvido é baseado no sistema MOS, já existente, o primeiro passo foi realizar o estudo do mesmo a fim de conhecer o seu funcionamento, técnicas de construção, a sua estrutura, suas funcionalidades, características e entender o modelo matemático utilizado.

### **4.2.2. IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS MELHORIAS**

Conhecido o sistema e compreendido seu funcionamento, procurou-se analisar e identificar as suas limitações, pontos que podiam ser melhorados ou funcionalidades que pudessem ser adicionadas, bem como a viabilidade do desenvolvimento das melhorias detectadas.

### **4.2.3. MODELAMENTO DO SISTEMA**

Depois de definidas quais as novas funcionalidades a serem implementadas ao sistema MOS, por meio de técnicas de modelamento, foram definidos aspectos do sistema como o banco de dados, leiaute das telas e métodos de programação. Como o sistema proposto é um sistema *WEB*, os requisitos e técnicas utilizados variam um pouco em relação aos sistemas convencionais não *WEB* (LOWE, 2003).

#### **4.2.4. DESENVOLVIMENTO**

Uma vez modelado, o sistema foi desenvolvido seguindo-se o modelo estabelecido, e ao mesmo tempo foram realizados testes de funcionalidades das rotinas implementadas com o intuito de verificar possíveis erros, assim corrigindo-os.

#### **4.2.5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Com o desenvolvimento concluído, foi realizado um exemplo de aplicação por meio de simulações utilizando dados conhecidos. Os dados utilizados foram os mesmos já utilizados para os testes da primeira versão do sistema MOS.

## **5. ANÁLISE DO SISTEMA ATUAL E SUGESTÕES DE MELHORIAS**

Neste capítulo serão expostos detalhadamente os resultados obtidos durante a aplicação dos passos adotados para o desenvolvimento, descritos no capítulo anterior. Tais resultados levaram às melhorias no sistema MOS, que por sua vez representam a contribuição desse trabalho para a melhoria do processo de otimização de usinagem.

### **5.1. ESTUDO DO SISTEMA ATUAL**

O primeiro passo para o desenvolvimento do atual trabalho foi o estudo do sistema MOS existente, a fim de entender seu funcionamento. Como o sistema MOS se destina à otimização do processo de usinagem, sugerindo a melhor condição operacional por meio de uma velocidade de corte a ser praticada, foi necessário realizar estudos sobre os conceitos básicos de usinagem, descritos no item 2.1, para assim compreender o que seria otimizado. Em seguida estudou-se o método matemático utilizado para analisar os dados da usinagem e poder otimizá-la.

Compreendida a teoria, começou-se a estudar o funcionamento do sistema MOS, utilizando-o para realizar otimizações com dados hipotéticos, a fim de obter familiaridade com a interação e identificar as características do sistema.

O MOS é um sistema especialista que tem por finalidade realizar a otimização do processo de usinagem, para as operações de torneamento, fresamento e furação. Ele leva em consideração restrições do cenário produtivo e baseia-se no IME para determinar uma condição de corte otimizada. Para propor velocidades de corte a serem utilizadas, o MOS se baseia em tabelas de decisão com regras que podem ser modificadas pelos usuários gerando exceções à esta tabela (BAPTISTA, 2004).

O passo seguinte foi o estudo das técnicas utilizadas no desenvolvimento do MOS, como a linguagem utilizada, estrutura do banco de dados, e técnicas de programação utilizadas.

## **5.2. IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS MELHORIAS**

Com o domínio sobre a teoria, operação e tecnologia utilizadas no desenvolvimento do sistema MOS, iniciou-se o segundo passo da metodologia, que consiste em identificar possíveis melhorias a serem implementadas.

Primeiramente foi realizada uma entrevista com o desenvolvedor do sistema a fim de obter impressões e sugestões de melhorias, bem como informações sobre dificuldades e solicitações realizadas pelos usuários.

Além disso, foram levadas em consideração as dificuldades encontradas durante as etapas de estudo principalmente enquanto era realizada a operação do sistema.

Também foram analisadas as técnicas utilizadas na programação do sistema com suas vantagens e desvantagens, a estruturação do banco de dados e o leiaute e interação com o usuário.

Por fim o modelo matemático foi estudado de maneira a encontrar possíveis melhorias e assim expandi-lo.

Após esta análise, chegou-se a uma série de melhorias que poderiam ser adicionadas ao sistema, as quais serão descritas em detalhes a seguir:

### **5.2.1. TECNOLOGIAS UTILIZADAS**

O sistema MOS é um sistema que tem como base as tecnologias utilizadas na Internet e por isso pode ser classificado como um sistema *WEB*.

Para o desenvolvimento do MOS 2, a mesma plataforma foi escolhida, pois possui algumas características necessárias para o tipo de aplicação desenvolvida.

Uma das principais vantagens dos sistemas *WEB* é a portabilidade. Ele fica instalado em um servidor *WEB* e pode ser utilizado por qualquer computador com acesso à *Internet*, independente do sistema operacional ou plataforma de *hardware*, não sendo necessária a instalação de nenhum *software* adicional. O único pré-requisito é a utilização de um *software* navegador compatível (RICE,1996).

Devido a essa portabilidade, a aplicação pode ser utilizada mais rapidamente pelos clientes, já que não é necessária nenhuma instalação e a manutenção e correção é feita mais facilmente e mais rapidamente, pois somente é necessária a atualização do sistema no próprio servidor e nenhuma atualização precisa ser realizada nos clientes.

Outra vantagem dos sistemas *WEB* é a interface. Com a popularização da *Internet* e a familiarização das pessoas com a navegação em *websites*, os sistemas *WEB* utilizam uma interface à qual o usuário normalmente já está habituado, e assim sente-se mais seguro em utilizar.

Como maneira de fazer o sistema MOS 2 atingir o maior número de usuários e a manutenção e correção de erros poder ser feita de forma remota, foi mantida a escolha da tecnologia *WEB* como base de desenvolvimento.

Embora tenha sido utilizada a mesma plataforma de desenvolvimento. Para o MOS 2, foram empregados recursos adicionais disponíveis nessa plataforma que não foram empregados no sistema MOS anterior.

Tais recursos referem-se a uma utilização mais profunda de estilos *CSS* (tecnologia que permite definir com precisão e flexibilidade áreas de um documento *HTML*), *Javascript* e *VBScript*. (linguagens interpretadas suportadas pelos navegadores de *Internet*).

### 5.2.2. DEFINIÇÃO DO LEIAUTE

Sendo o sistema MOS um sistema *WEB*, ele foi desenvolvido seguindo os padrões estéticos indicados para os sistemas e páginas *WEB*.

O sistema MOS tem como objetivo atuar diretamente no sistema produtivo das empresas, alterando processos de fabricação e custos. Por esse motivo, a impressão de credibilidade passada pelo sistema é essencial já que um usuário que duvide de sua credibilidade dificilmente irá utilizá-lo.

Evitando os exageros de imagens e animações, com a finalidade de conferir maior qualidade visual (na opinião do autor), e a fim de facilitar a utilização do sistema MOS 2, foi criado um leiaute no qual a tela é dividida em áreas funcionais: área de menu, área de *links* e área de informações (Figura 11). A área de menu será utilizada para apresentar ao usuário as operações que podem ser realizadas no contexto atual da navegação. Ela é alterada toda vez que o usuário altera o contexto selecionando um *link* ou uma opção do menu. A área de *links* é um espaço reservado para a apresentação de *links* relacionados às informações apresentadas, ao contexto atual ou mesmo *links* para operações realizadas frequentemente. Finalmente a área de informações é onde o usuário irá obter ou fornecer informações, entrando com valores ou visualizando o resultado das operações realizadas.

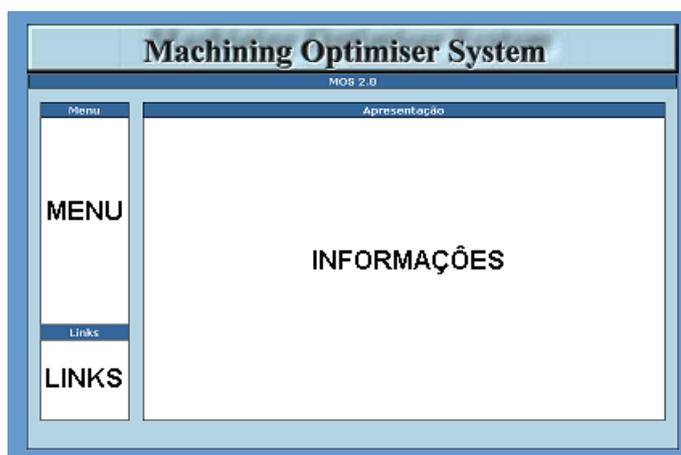


FIGURA 11 – LEIAUTE DO MOS 2

Com base em estudos sobre cores realizados, o azul foi escolhido como cor base para o sistema MOS 2, com textos escritos principalmente em cores de alto contraste como fundos branco e letras pretas ou de contraste semelhante.

Durante o desenvolvimento do sistema MOS 2 sempre que possível foram seguidas regras e sugestões existentes para melhoria da estética.

Foram incluídas no Anexo A diversas figuras mostrando telas referentes aos sistemas MOS e MOS 2 para efeito de comparação entre o leiaute do sistema novo e o leiaute do sistema anterior.

### **5.2.3. NÍVEIS DE ACESSO**

Pelo tipo de tecnologia utilizada, o sistema MOS 2 ficará hospedado em um servidor único e deve permitir que vários usuários o utilizem simultaneamente. Nem todos os usuários, porém, possuirão os mesmos direitos de acesso ao sistema.

No sistema MOS existente, uma das dificuldades é o gerenciamento de novos usuários. Não existe atualmente uma interface para criação e gerenciamento de usuários e a tarefa necessita ser realizada alterando-se diretamente tabelas no banco de dados, uma operação que requer conhecimentos da estrutura do sistema e de operação de banco de dados. Seria mais conveniente se esse tipo de conhecimento não fosse exigido de um administrador do sistema MOS, tornando a tarefa mais fácil.

Notou-se também que empresas diferentes possuem necessidades diferentes em relação ao sistema. Uma das propostas de melhorias foi justamente permitir que o sistema se adapte melhor a cada necessidade, permitindo que fórmulas e dados específicos para a empresa sejam configuráveis. No entanto, não é adequado que qualquer usuário da empresa possa alterar essa configuração, assim podendo afetar todas as otimizações realizadas pelos usuários da mesma. Por esse motivo é necessária a existência de um tipo de usuário

denominado administrador da empresa, que possa realizar essas alterações e gerenciar os usuários da sua própria empresa.

Para o sistema MOS 2, foi definido que existirão 3 níveis de usuários. Os usuários “administradores do sistema” são os responsáveis pela administração dos recursos e acessos ao sistema MOS e terão acesso a visualizar, criar, excluir e alterar empresas, usuários e dados.

Como o processo de otimização normalmente está relacionado a empresas, cada empresa terá um cadastro próprio, bem como usuários relacionados a ela. Os usuários associados a uma empresa poderão ser de dois tipos: “administradores da empresa” e “usuários da empresa”. Enquanto os “administradores da empresa” poderão alterar os dados e configurações relativos à empresa e criar novos usuários relacionados à empresa, os “usuários da empresa” poderão somente utilizar o sistema para realizar a otimização. A Quadro 2 ilustra a hierarquia e diferença entre os três níveis de usuários existentes.

	<b>Gerenciamento de Empresas</b>	<b>Gerenciamento de Usuários</b>	<b>Alteração de Dados da Empresa</b>	<b>Realização de Otimizações</b>
<b>Administradores do Sistema</b>	sim	todos	sim	sim
<b>Administradores da Empresa</b>	não	somente da empresa	sim	sim
<b>Usuários da Empresa</b>	não	não	não	sim

*QUADRO 2 – NÍVEIS DE USUÁRIOS*

#### **5.2.4. MELHORIA DOS RECURSOS DE PESQUISA**

Tão importante quanto a facilidade de adicionar dados ao sistema é a capacidade de recuperar os dados de maneira fácil. Uma das dificuldades encontradas na operação do sistema MOS é a recuperação dos dados cadastrados. Para realizar qualquer consulta ou alteração dos dados, é necessário saber o código associado a cada máquina, processo, operação ou otimização. Não existe uma forma de pesquisa pelos outros campos existentes

no cadastro. Muitas vezes o usuário não se lembra do código associado, mas sim de alguma outra informação.

No MOS 2, para cada tipo de informação, será incluída a possibilidade de realizar pesquisas por diversos campos além do código, de maneira a facilitar e agilizar a localização dos dados.

#### **5.2.5. CAMPOS CONFIGURÁVEIS**

Durante a análise do sistema MOS, um ponto observado foi a tendência de alguns usuários a preencher somente alguns dos dados existentes durante o cadastro das informações de usinagem, e a intenção de deixar os demais campos sem preenchimento.

Embora uma maior quantidade de informações seja uma vantagem no momento de comparar otimizações ou obter dados relacionados àquela otimização, durante a fase inicial de adaptação ao sistema, não é incomum que o desejo dos usuários seja o de preencher o mínimo possível de informações para assim rapidamente poder testar e obter resultados do sistema.

De modo a possibilitar que o usuário entre somente com as informações básicas necessárias, foi preciso primeiramente fazer o levantamento das variáveis utilizadas na otimização do MOS para em seguida reduzi-las a um conjunto mínimo, diminuindo assim a quantidade de informações requeridas do usuário para não sobrecarregá-lo com informações demais.

Todavia, não é intenção do sistema MOS 2 impossibilitar os usuários que assim desejem, de associar à otimização informações que, mesmo não sendo essenciais para o cálculo, são de grande valia para a empresa. A solução para isso foi criar no MOS 2 uma maneira de permitir que cada empresa adicione novos campos de informações além dos campos básicos já existentes. Como cada empresa possui uma necessidade diferente, essa configuração dos campos é feita pelo usuário com acesso de “administrador da empresa” e é válida para todos os usuários daquela empresa. A Figura 12 ilustra essa

possibilidade de configuração que torna o sistema mais flexível e adaptável às necessidades específicas de cada empresa.

	<b>EMPRESA 1</b>	<b>EMPRESA 2</b>	<b>EMPRESA 3</b>
<b>CAMPOS ESSENCIAIS</b> ➔	Código Descrição Potência Limite Salário Máquina Salário Operador	Código Descrição Potência Limite Salário Máquina Salário Operador	Código Descrição Potência Limite Salário Máquina Salário Operador
<b>CAMPOS ADICIONAIS</b> ➔		Local da Máquina Comando Numérico	Fabricante Modelo

*FIGURA 12 – CAMPOS ADICIONAIS CONFIGURÁVEIS*

Outra vantagem da utilização dessa solução no sistema MOS 2 é que o usuário pode iniciar a utilização do sistema somente com os campos básicos essenciais e a medida que vai se habituando e sentindo a necessidade de gerenciar mais informações, ele pode ir gradativamente adicionando mais campos de maneira natural quando a necessidade surgir. Essa abordagem é mais adequada, ao invés de simplesmente obrigar o usuário a preencher muitos campos não essenciais com a justificativa de que as informações podem vir a ser úteis um dia. Tal obrigação pode acabar por fazer o usuário julgar o uso do sistema como muito complexo e acabar por desistir da utilização do mesmo.

#### **5.2.6. FÓRMULAS CONFIGURÁVEIS**

Uma das maneiras encontradas para diminuir a quantidade de campos essenciais com informações a serem preenchidas pelos usuários foi a simplificação dos dados. Por exemplo, ao invés de pedir que o usuário entre obrigatoriamente com todos os custos e informações relativas à máquina, para que com essas informações o sistema calcule o salário máquina, existe um campo salário máquina que é preenchido diretamente pelo usuário com o valor desejado.

As únicas fórmulas de cálculo mantidas no sistema MOS 2 foram as fórmulas básicas para cálculo do IME e realização da otimização, que são na verdade como que a espinha dorsal do processo de otimização.

Além da simplificação dos dados de entrada, outro motivo pelo qual foi decidida a retirada das fórmulas, foi o fato de que nem todas as empresas utilizam as mesmas fórmulas e informações para realizar os cálculos. Obrigar os usuários a utilizar as fórmulas fixas pode até mesmo inviabilizar a utilização do sistema pois pode gerar resultados incoerentes se comparados aos calculados com as fórmulas específicas utilizadas por cada usuário diferente.

Entretanto simplesmente eliminar a possibilidade do sistema ajudar a realizar os cálculos, fazendo com que o usuário tenha que realizar o cálculo por outros meios antes de entrar com a informação já calculada no sistema seria retirar uma funcionalidade já existente e que pode ser útil em alguns casos.

A solução para esse problema foi incorporar no novo sistema a possibilidade dos usuários adicionarem suas próprias fórmulas para calcular não só os valores que já possuíam fórmulas fixas no sistema anterior como qualquer outro campo que o usuário desejar. Essas fórmulas permitirão que gradativamente os cálculos realizados fora do sistema MOS 2 possam passar a ser realizados no próprio sistema quando a necessidade surgir ou isso for mais prático. Essa solução está representada na Figura 13.



FIGURA 13 – FÓRMULAS CONFIGURÁVEIS

Da mesma maneira que os campos adicionais customizáveis, as fórmulas customizáveis são válidas para cada empresa e poderão ser adicionadas, alteradas e removidas somente pelos usuários que tenham acesso de “administrador da empresa”.

### **5.2.7. IME EXPANDIDO**

Uma das contribuições deste trabalho é a implementação e expansão do modelo matemático adotado pelo MOS. A seguir estão descritas em detalhes as novas equações e considerações adicionadas ao modelo matemático.

### **5.2.8. TEMPO DE TROCA LIMITE DA FERRAMENTA**

Analisando-se a equação utilizada para o cálculo da máxima produção (equação (7)), pode-se notar que uma parte do tempo de produção ( $t_2$ ) é gasta para realizar a troca da ferramenta. Em alguns casos, o tempo de troca pode ser tão pequeno que pode ser ignorado. Mas quando isto acontece?

A equação (10) resulta na velocidade de corte para a máxima produção. Analisando essa equação, percebe-se que quando o tempo de troca da ferramenta ( $t_{ff}$ ) diminui, a velocidade de corte de máxima produção ( $v_{cmxp}$ ) aumenta. Quando  $t_{ff}$  tende a zero,  $v_{cmxp}$  tende ao infinito. Existe, porém, uma velocidade máxima de corte suportada pela máquina.

Se for considerada a velocidade de corte de máxima produção como sendo a maior velocidade possível de ser obtida na máquina ( $v_{cmxmaq}$ ), ao isolar o tempo de troca da ferramenta ( $t_{ff}$ ) na equação (10), obtém-se a equação (12). Como resultado dessa nova equação, se obterá o tempo de troca da ferramenta para o qual a velocidade de corte de máxima produção será igual à velocidade de corte limite imposta pela máquina. Este tempo será chamado de tempo de troca limite da ferramenta.  $t_{fflim}$ .

$$t_{\text{tflim}} = \frac{K}{(x-1) \cdot v_{\text{cmxprmaq}}^x} \quad (12)$$

Para tempos de troca maiores que o  $t_{\text{tflim}}$ , a velocidade de máxima produção será menor que a velocidade limite da máquina e, portanto, o tempo de troca deve ser considerado. No entanto, para tempos de troca menores que  $t_{\text{tflim}}$ , a velocidade de máxima produção será maior que o limite imposto pela máquina e conseqüentemente poderá ser ignorado, já que a velocidade de corte adotada será a velocidade limitada pela máquina.

Isso pode levar à conclusão que diminuir o tempo de troca da ferramenta para valores menores que o  $t_{\text{tflim}}$  não levará a nenhuma melhora na produção, já que a velocidade de corte de máxima produção não será alterada.

O método de otimização baseado no cálculo do IME propõe alterações na velocidade de corte, pois este é o parâmetro que maior influência possui no custo e no tempo de produção, porém, é um erro pensar que é o único parâmetro que pode ser otimizado.

Ao diminuir o tempo de troca da ferramenta, o tempo total de produção irá diminuir também, o que também é uma otimização do processo de usinagem.

Na verdade o  $t_{\text{tflim}}$  é um indicador que diz que para tempos de troca menores que ele a otimização da velocidade de corte para o processo de usinagem está no seu limite, mas que o processo ainda pode ser otimizado diminuindo-se o tempo de troca de ferramenta.

#### **5.2.9. MÁXIMO CUSTO ADMISSÍVEL**

Quando se calcula o IME, uma das velocidades que limitam o intervalo é a velocidade de máxima produção. Embora esta velocidade possa ser adotada quando se deseja ter a maior produção possível para o processo de corte, o que normalmente acontece para máquinas gargalo. Muitas vezes, para

trabalhar nesta velocidade, o custo de produção é tão alto que torna a produção inviável.

Algumas vezes, quando se deseja aumentar a produção, um aumento nos custos é esperado, porém existe um custo máximo que se admite pagar pelo aumento da produção. Se a informação do custo máximo admissível para a realização do processo de corte for conhecida, é possível verificar se o custo ao utilizar a velocidade de máxima produção ( $v_{cmxp}$ ) ultrapassa o permitido e neste caso, indicar a velocidade de corte máxima a ser adotada de modo que o custo não ultrapasse o custo admitido para a operação (BAPTISTA, 2004).

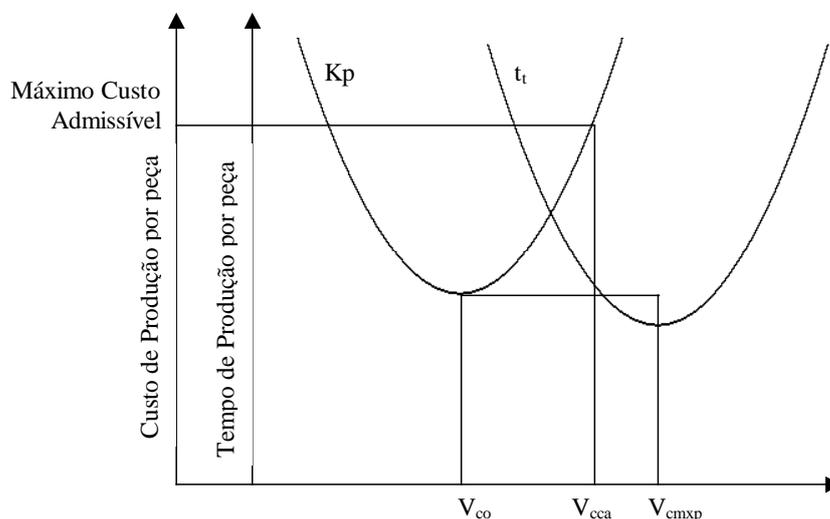


FIGURA 14 – VELOCIDADE DE MÁXIMO CUSTO ADMISSÍVEL

A esta velocidade damos o nome de “velocidade máximo custo admissível” ( $v_{cca}$ ). Quando a  $v_{cca}$  for menor que a  $v_{cmxp}$ , ela deve ser adotada como um dos limites do IME. (Figura 14) (BAPTISTA, 2004).

### 5.2.10. VELOCIDADE DE MÍNIMO CUSTO PARA MÁQUINAS OCIOSAS

Em uma linha de produção, nem todas as máquinas estão produzindo o tempo todo. Existem máquinas que, devido a diferenças de fluxo entre processos na célula de manufatura, ou por outras razões, têm mais tempo disponível do que o necessário para realizar o processo de corte.

Este tempo disponível para a realização do processo de usinagem é um tempo possível de ser obtido segundo a programação de manufatura utilizando-se o conceito de *takt time*. Rooney et al (2005) define *takt time* como a taxa de demanda do cliente. Ele é calculado dividindo-se o tempo de produção pela quantidade de produtos que o cliente necessita naquele tempo. Alvarez e Antunes (2001) vai além, dizendo que embora o *takt time* normalmente seja calculado de acordo com a demanda do cliente, às vezes existem restrições na linha de produção que limitam o ritmo de produção. Segundo ele, “*takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula.”

Uma vez determinado o *takt time*, o próprio planejamento da produção determinará o tempo disponível para cada operação da fabricação. Isso é válido principalmente para os casos onde a produção é seriada.

Quando uma máquina possui um tempo disponível maior que o necessário e o tempo que sobrar não pode ser aproveitado para realizar nenhuma outra tarefa, nada será produzido no tempo restante. (Figura 15).

Considera-se, então, uma máquina como ociosa, quando existe um tempo maior que o necessário para produzir e quando este tempo restante não pode ser aproveitado para nenhuma outra finalidade.

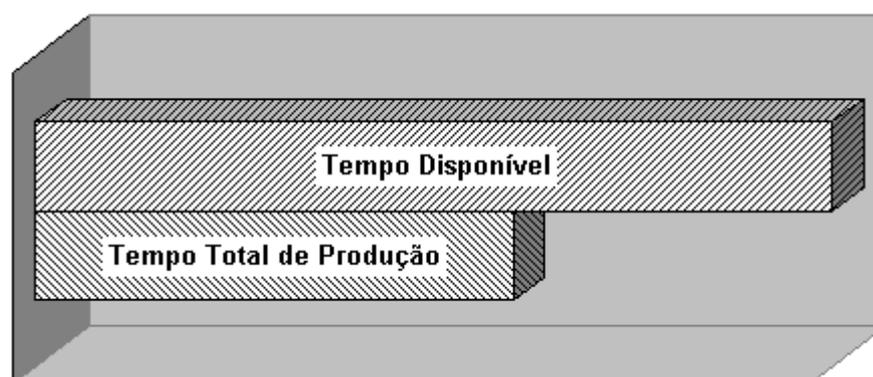
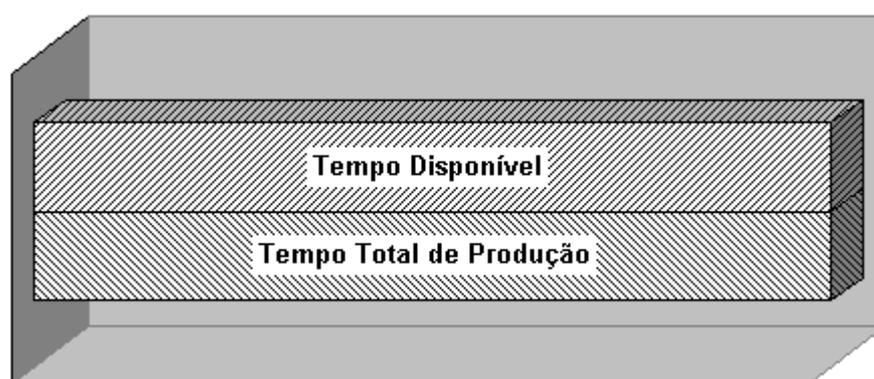


FIGURA 15 – TEMPO DISPONÍVEL MAIOR QUE O TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO

Para este cenário, pode-se ver que mesmo o tempo de produção sendo menor, tanto a máquina quanto o operador estarão alocados para a realização do processo de usinagem durante todo o tempo disponível e, portanto, o custo de produção será o custo relativo ao tempo disponível mesmo que em parte dele o operador e a máquina estejam parados.

Enquanto o tempo total de produção for menor que o tempo disponível, os custos com o operador e com a máquina serão os mesmos, já que os custos serão relativos ao tempo disponível, e não ao tempo de produção.

Levando isto em consideração e analisando a equação do custo de produção (equação (9)), o único custo que irá variar nesta equação é o custo com a ferramenta ( $C_3$ ). Isso significa que, considerando-se os parâmetros existentes na equação, o único meio de reduzir os custos de produção neste cenário é reduzir o número de ferramentas consumidas. Como o número de ferramentas consumidas é diretamente proporcional à velocidade de corte, quanto menor a velocidade de corte, menor será o custo de produção. A velocidade de corte mínima a ser escolhida neste caso é a velocidade para a qual o tempo de produção seja igual ao tempo disponível. Naturalmente esta velocidade também deverá ser maior que a velocidade mínima da máquina e que a velocidade crítica da APC.



*FIGURA 16 – TEMPO DISPONÍVEL IGUAL AO TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO*

Usando esta nova velocidade de corte, o custo de produção será o menor possível para o qual a produção possa ser realizada utilizando o tempo

disponível (Figura 16). Velocidades de corte menores irão utilizar mais do que o tempo disponível. Velocidades de corte maiores irão utilizar mais ferramentas e por consequência o custo será maior.

O sistema MOS 2 possibilita que o usuário defina o cenário de otimização, permitindo assim que ele escolha se deseja ou não utilizar esta nova metodologia de cálculo para máquinas ociosas.

#### **5.2.11. CÁLCULOS, ANÁLISES E OTIMIZAÇÕES**

O objetivo final do sistema MOS é realizar a otimização do processo de usinagem. Para realizar esta otimização, existem alguns passos que devem ser seguidos para que, no final, o sistema apresente um resultado:

1. cadastrar os dados relativos ao processo de usinagem;
2. iniciar uma otimização do processo;
3. usinar com a velocidade sugerida pelo sistema e informar resultado;
4. usinar com nova velocidade sugerida pelo sistema e informar resultado.

Uma característica observada em relação aos usuários é que existem casos em que a intenção inicial não é otimizar a operação, e sim realizar cálculos de custos e produção, para melhor compreender a situação da operação da maneira como ela está sendo executada atualmente na empresa. Já que os dados do processo de usinagem estão cadastrados no sistema, seria uma melhoria permitir que o usuário utilize esses dados para calcular informações como o custo e tempo de fabricação, e produção horária, por exemplo.

Em posse das informações calculadas, o usuário poderia analisá-las e, opcionalmente se julgar interessante, poderia solicitar que o sistema calculasse o IME e apresentasse um relatório desse cálculo para ele poder escolher uma velocidade de corte dentro desse intervalo.

Por fim, quando o usuário escolher a velocidade de corte, ele poderia informar os dados obtidos com essa nova velocidade para que o sistema apresente um relatório comparativo entre a situação inicial, antes da otimização, e a situação final, após a otimização.

Também seria interessante que o usuário pudesse comparar quaisquer processos que julgasse necessário, como, por exemplo, comparar operações idênticas realizadas com ferramentas distintas a fim de auxiliar na escolha da melhor ferramenta.

Algumas das funcionalidades descritas já foram incluídas no sistema MOS. Porém, enquanto no sistema MOS é preciso realizar todos os passos para concluir a otimização, no sistema MOS 2 a otimização é um dos passos que o usuário pode querer realizar ou não. Enquanto o sistema MOS possui uma única opção para otimizar, o sistema MOS 2 tem as seguintes opções:

- calcular os indicadores para a situação atual:
  - para calcular a situação atual, um dos parâmetros necessários é a vida da ferramenta. Às vezes os cálculos são somente estimativas ou estudos antes da realização da usinagem e a vida não é conhecida ao certo. Por este motivo, o cálculo dos indicadores poderão utilizar medições de vida estimada, valores de vida retirados a partir de catálogos da ferramenta ou valores medidos durante a usinagem. Os cálculos serão mais precisos se a vida medida for utilizada ao invés de valores estimados ou de catálogos;
  
- otimizar:
  - esta etapa realizará o cálculo do IME e apresentação de um relatório gráfico para o usuário;

- opcionalmente o usuário poderá indicar a velocidade de corte escolhida e obter um relatório comparativo entre os indicadores antes e depois da otimização;
- analisar:
  - O sistema permitirá que o usuário realize comparações entre os indicadores de processos (como produção horária, número de ferramentas consumidas, custo de fabricação por peça, entre outros), antes e depois de cada otimização; comparações entre a utilização de diferentes ferramentas para um processo; ou ainda, realizar comparações entre quaisquer processos para fins diversos.

## 6. MODELAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Neste capítulo é feito o detalhamento técnico do sistema, com diagramas mostrando a estrutura física, funcional e do banco de dados, bem como as descrições dos mesmos. Nele estará desde o modelo conceitual de alto nível, mostrando o sistema globalmente com suas funções até modelos detalhados de relacionamentos entre entidades do banco de dados.

### 6.1. DIAGRAMA FUNCIONAL

A Figura 17 representa, por meio de um diagrama casos de uso, uma visão global do sistema mostrando quais são suas funcionalidades e as diferenças entre os três níveis de acessos existentes.

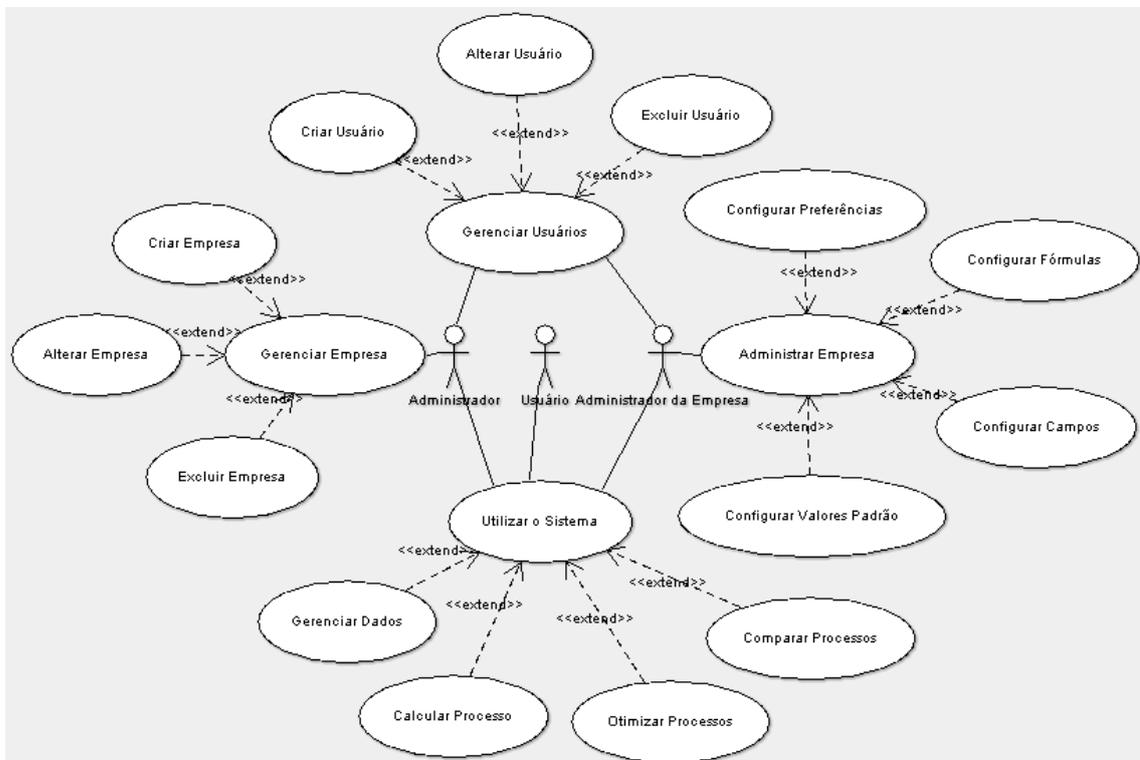


FIGURA 17 – DIAGRAMA FUNCIONAL

No centro da figura estão os “atores”, que representam os três tipos de acesso que os usuários possuem ao sistema: Administrador, Administrador da Empresa e Usuário. Conectados aos “atores”, estão os “casos de uso”, que são representações das funções que podem ser realizadas pelo “ator” ao qual está conectada. Os “casos de uso” também podem estar conectados a outros “casos de uso”, quando são considerados sub-funções incluídas numa função principal.

Os “casos de uso” mostrados nesse diagrama, representam funções que o sistema MOS 2 deverá permitir que os usuários realizem, ou seja, os requisitos funcionais do sistema.

São quatro as funções principais, ligadas diretamente aos “atores”: gerenciar empresas, gerenciar usuários, administrar empresa e utilizar o sistema. A seguir está a descrição de cada uma dessas funções, bem como as sub-funções relativas a elas.

#### **6.1.1. GERENCIAR EMPRESA**

O gerenciamento das empresas consiste na definição das empresas que possuem acesso ao sistema. Essa função possui as sub-funções de criar empresa, alterar empresa e excluir empresa. Ela somente pode ser realizada por um usuário que possua acesso de “administrador do sistema”.

#### **6.1.2. GERENCIAR USUÁRIOS**

Esta função é executada pelo usuário com nível de acesso de “administrador do sistema” ou “administrador da empresa”. Ela compreende as sub-funções criar usuário, alterar usuário e excluir usuário. Basicamente ela representa a administração dos usuários que poderão acessar o sistema, bem como a escolha dos níveis de acesso dos mesmos e as empresas a que pertencem.

### **6.1.3. ADMINISTRAR EMPRESA**

A administração da empresa é realizada pelo usuário com acesso de “administrador da empresa”. Ela consiste na escolha de parâmetros de funcionamento do sistema de acordo com a preferência da empresa, de modo a fazer com que o sistema se adapte da melhor forma possível ao método de trabalho da empresa. As sub-funções da administração da empresa são: configurar preferências, configurar fórmulas, configurar campos e configurar valores padrão.

As preferências são configurações que alteram o funcionamento do sistema, como, por exemplo, a escolha da utilização ou não do IME expandido para o cálculo da velocidade de corte para máquina ociosa.

A configuração dos campos corresponde à possibilidade de incluir campos adicionais para os dados de otimização, para o armazenamento de informações importantes para a empresa que não constem nos campos básicos.

A configuração das fórmulas é a função do sistema que permitirá que sejam adicionadas fórmulas específicas utilizadas pela empresa para calcular qualquer um dos valores existentes nos campos básicos essenciais para a otimização. Por exemplo, o campo salário máquina, ao invés de ser simplesmente um valor, pode ser associado a uma fórmula que calcula o salário máquina a partir de outros campos.

As informações sobre o cenário deverão ser preenchidas antes de cada otimização, porém para facilitar o preenchimento, essas informações poderão vir preenchidas com valores padrão. A configuração de valores padrão diz respeito à definição dos valores padrão com os quais os campos responsáveis pela definição dos cenários virão preenchidos.

#### **6.1.4. UTILIZAR O SISTEMA**

Usuários com qualquer nível de acesso podem realizar as funções incluídas no “caso de uso” utilizar o sistema. Esta função compreende todas as operações que não se relacionam com a configuração e sim com a operação do sistema depois de configurado. Ela inclui as sub-funções gerenciar dados, calcular processo, otimizar processo e comparar processos.

A função gerenciar dados consiste em todo o processo de entrada de dados relativos ao processo de fabricação, ou seja, o cadastro de máquinas, ferramentas, operações, processos e programação diária, bem como as ferramentas de pesquisa e alteração dos dados de processo existentes.

O cálculo do processo é a função que permite que o usuário realize cálculos utilizando como base as informações cadastradas de modo a obter informações sobre o processo como produção horária, custo de produção e tempo total de fabricação.

A otimização do processo é a realização do cálculo do IME e exibição do relatório para que o usuário possa escolher uma velocidade de corte.

A comparação de processos é a função que permitirá ao usuário comparar um processo antes e depois de otimizado, comparar a otimização de processos diferentes ou comparar diversas ferramentas para um mesmo processo de maneira a auxiliar na escolha da ferramenta de corte a ser utilizada.

#### **6.2. DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO**

Definidas as funções que o sistema deverá executar, será descrita agora a estrutura física e tecnológica sobre a qual o sistema foi criado.

Como já dito no item 5.2.1, o sistema é um sistema *WEB*, para que tenha uma facilidade de distribuição e manutenção e uma interface amigável e acessível de praticamente qualquer lugar. Dentre as possíveis tecnologias para

desenvolvimento *WEB*, a tecnologia ASP foi escolhida devido à já utilização da mesma no sistema anterior, facilidade de encontrar servidores para a hospedagem, facilidade de obtenção de informações e ajuda e a familiaridade do autor com a mesma.

Para realizar a programação em ASP, não é necessário adquirir nenhum *software* adicional de desenvolvimento, já que o código fonte é criado em qualquer editor de texto e salvo no formato ASCII. O arquivo é então enviado para um servidor na *Internet* e é esse servidor *WEB* que possui um CGI que interpreta o código fonte assim fazendo com que o sistema funcione.

Para armazenar os dados do sistema, é preciso escolher um banco de dados onde as informações serão gravadas. Existem diversos bancos de dados disponíveis. No sistema MOS 2, dificilmente haverá centenas de milhares de registro de dados. Optou-se pela utilização de um banco de dados *access*, pois é de fácil configuração e distribuição, não necessitando de nenhuma instalação ou configuração prévia do servidor para ser utilizado. Caso seja necessário futuramente, o sistema MOS 2 poderá ser adaptado para outro banco de dados modificando-se somente as consultas SQL para adapta-las às variações de sintaxe existente entre bancos de dados diferentes. O leiaute, a estrutura e a lógica de programação, porém, poderão ser reaproveitadas.

A Figura 18 representa o diagrama de distribuição e mostra como os diversos componentes de *hardware* e *software* se interagem no sistema. Nela, existem 3 componentes principais chamados computador cliente, servidor *WEB* e servidor de banco de dados.

O computador cliente é o computador do usuário, o qual deve estar conectado a *Internet* para poder realizar a comunicação com o computador do provedor. Dentro do servidor *WEB* estarão armazenadas os arquivos com o código fonte do sistema MOS 2 e no servidor de banco de dados estarão armazenados os dados utilizados por ele.

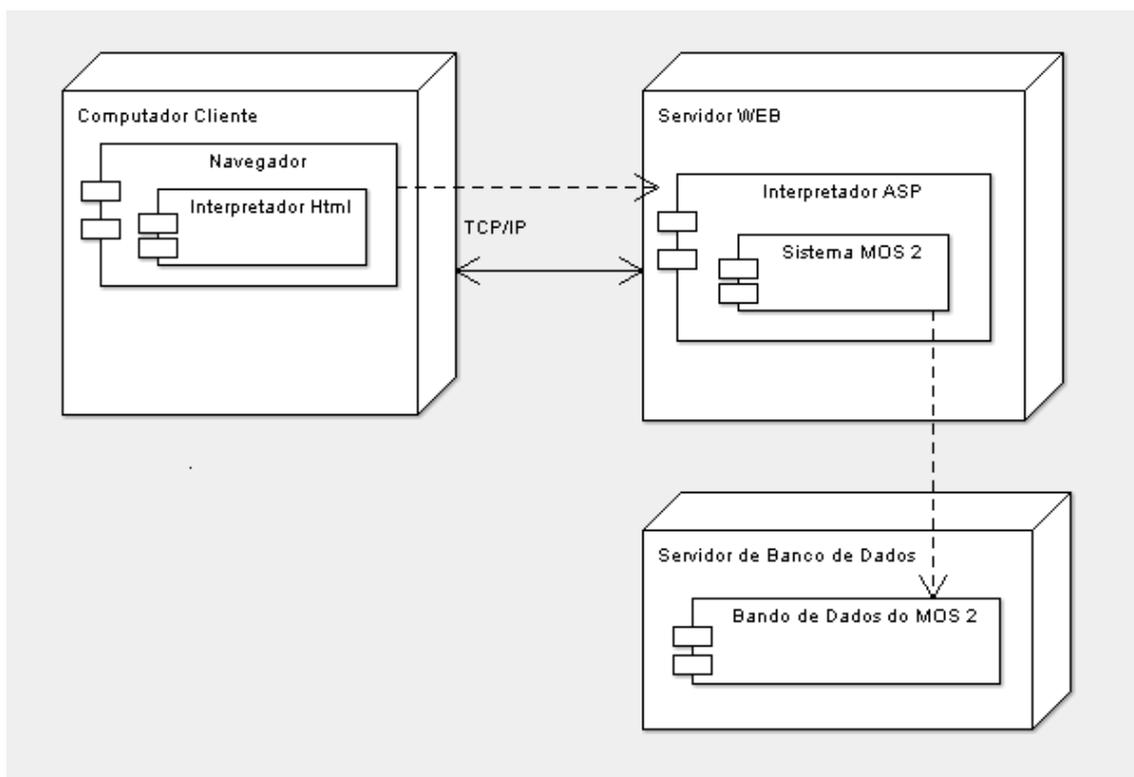


FIGURA 18 – DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO

O computador do provedor é onde estarão o servidor *WEB* e o servidor de banco de dados, e também estará conectado à *Internet*. No computador cliente, deverá haver um *software* navegador, que por sua vez possui um interpretador de HTML.

Para acessar o sistema MOS 2, o usuário inicia o navegador e por meio de um endereço único, envia uma requisição ao computador do provedor, usando como meio de comunicação o protocolo TCP/IP, solicitando um arquivo no formato HTML. O servidor *WEB* do computador do provedor receberá essa solicitação, localizará o arquivo solicitado e interpretando o código fonte do arquivo ASP, conectará com o banco de dados se necessário e transformará o resultado dessa interpretação em um arquivo formato HTML que será enviado ao computador do usuário como resposta à solicitação inicial.

### 6.3. DIAGRAMA ESTRUTURAL DAS PÁGINAS

Um sistema *WEB* é composto de páginas independentes, cada uma retornando um arquivo HTML que é visualizado pelo usuário. O sistema MOS 2, todas as páginas acessadas pelo usuário serão baseadas no mesmo leiaute. Além de tornar o sistema esteticamente melhor, isso o torna mais fácil de utilizar já que o usuário acabará se acostumando com a posição e função de cada parte da tela. Conforme descrito no item 5.2.2, o leiaute do sistema MOS 2 será composto de três áreas funcionais: área de menu, área de *links* e área de informações.

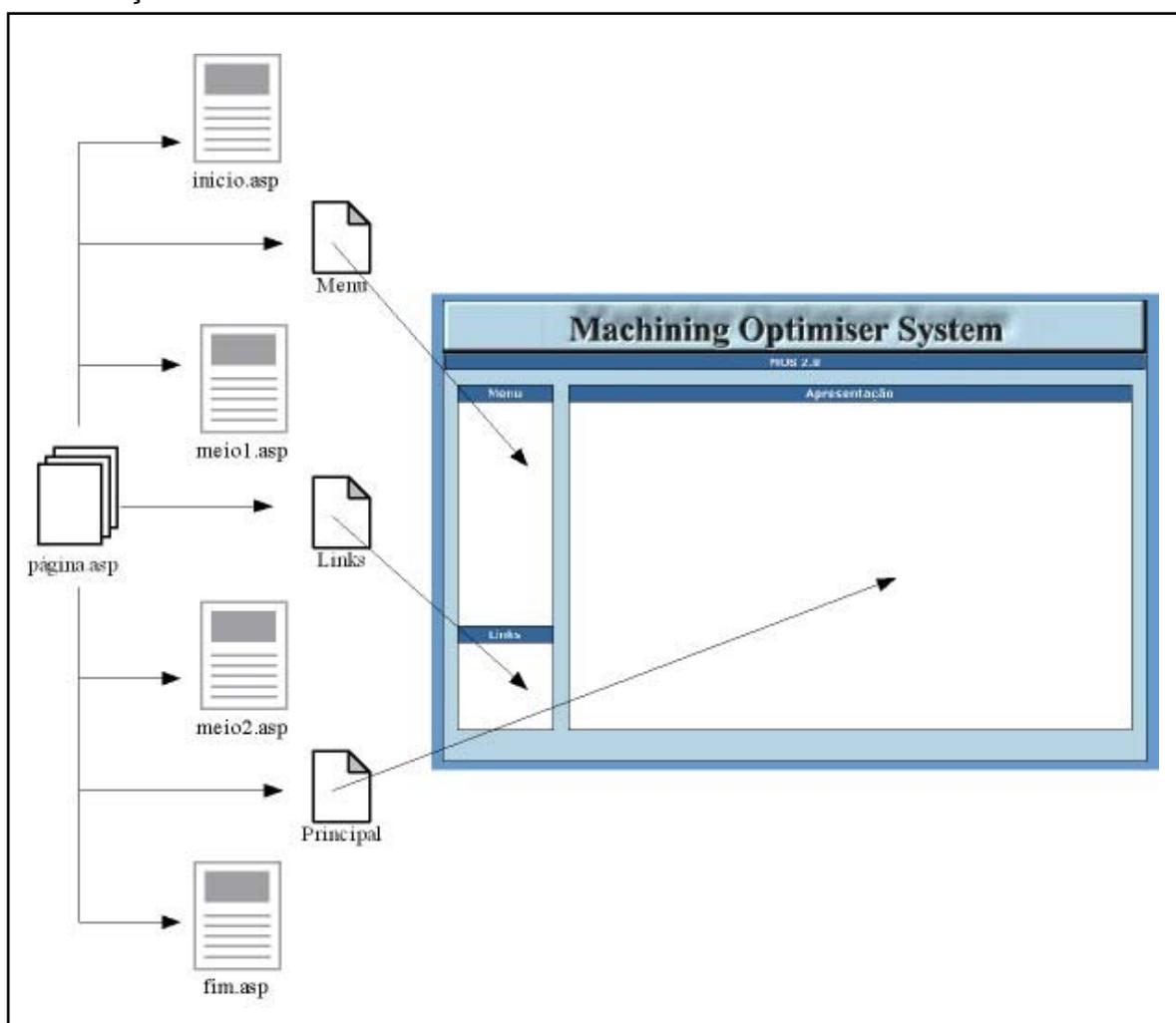


FIGURA 19 – DIAGRAMA ESTRUTURAL DAS PÁGINAS

De modo a facilitar o desenvolvimento e futuras modificações no leiaute, todas as páginas do sistema MOS 2 que retornarem informações para o usuário serão construídas seguindo a estrutura representada na Figura 19.

Os arquivos inicio.asp, meio1.asp, meio2.asp e fim.asp irão conter a definição do leiaute das áreas funcionais. Todas as páginas criadas que necessitem utilizar esse leiaute irão buscá-lo a partir dessas quatro páginas. Desse modo, cada nova página criada somente irá adicionar informações nas áreas definidas.

A vantagem desse método é que alterando-se somente essas quatro páginas que definem o leiaute, todas as páginas do sistema terão seu leiaute alterado.

#### **6.4. DIAGRAMA DE NAVEGAÇÃO**

Um sistema *WEB* desenvolvido em ASP é composto de um conjunto de arquivos, cada um representando uma página que pode ser acessada pelo computador cliente por meio de um endereço único. Normalmente uma página *WEB* possui *links* que levam o usuário para outras páginas dentro do sistema ou mesmo redirecionam o usuário para outra página após realizar alguma operação. A essa mudança entre as páginas do sistema, dá-se o nome de navegação. O sistema MOS, utilizará a área reservada para o menu, para disponibilizar ao usuário *links* para as funções que podem ser realizadas. Os *links* do menu devem ser organizados de forma a tornar a navegação do usuário simples e intuitiva. Para conseguir isso, a hierarquia de *links* entre as páginas do sistema MOS 2 foi organizada de tal modo a não exibir muitos *links* simultaneamente, o que poderia confundir o usuário e sim a exibir somente os *links* que tenham alguma ligação com a operação da página selecionada no momento. A Figura 20 mostra uma parte da estrutura de navegação do sistema MOS 2.

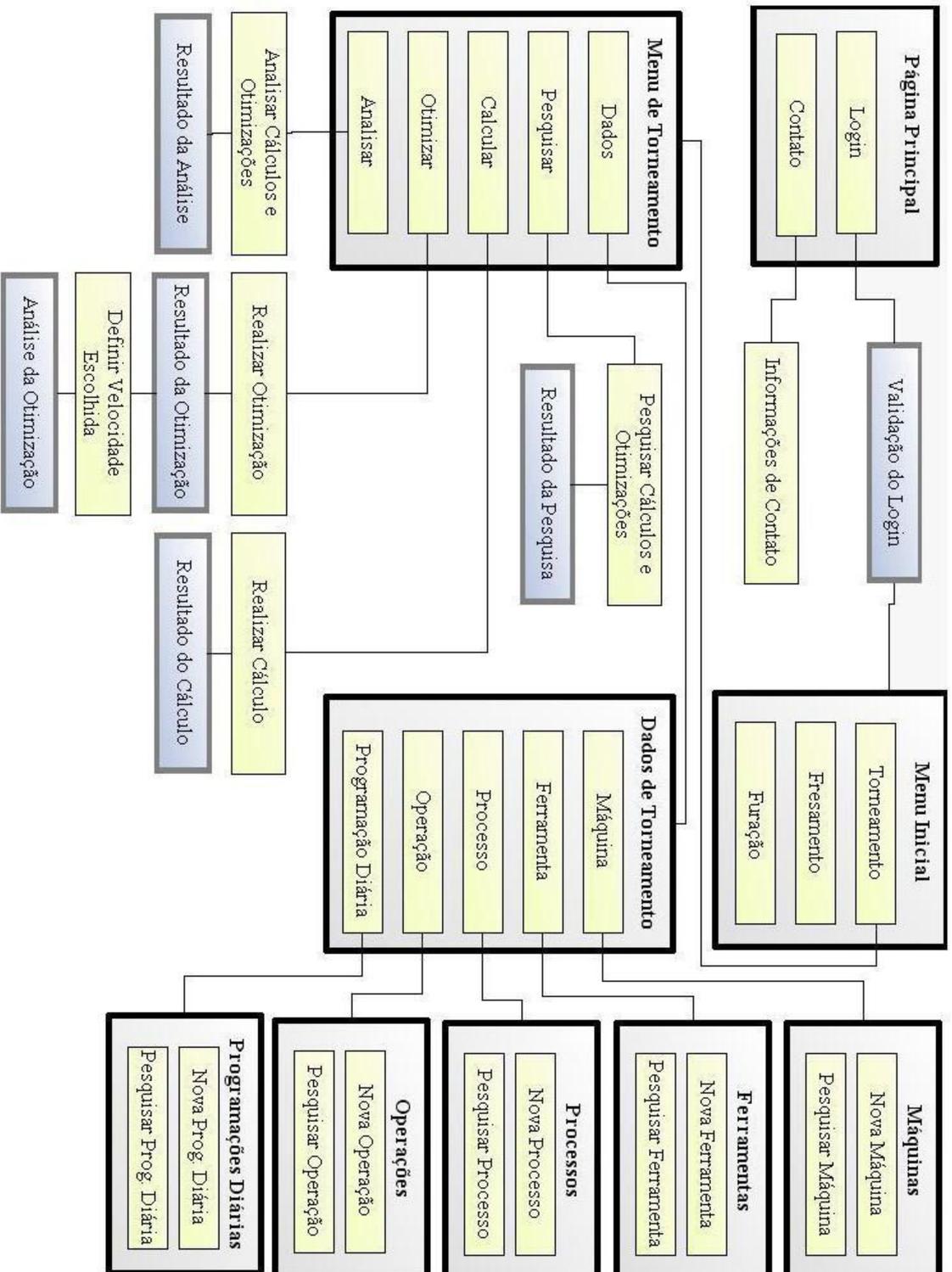


FIGURA 20 – DIAGRAMA DE NAVEGAÇÃO

## 6.5. DIAGRAMAS ENTIDADE-RELACIONAMENTO

Outro aspecto do sistema que precisa ser definido é a estrutura do banco de dados. O banco de dados é o local onde todas as informações utilizadas pelo sistema ficam armazenadas. Essas informações são a matéria prima com que o sistema trabalha para produzir resultados. Se os dados são organizados de maneira indevida, podem ocorrer problemas como duplicação de informações, inconsistência nos dados ou lentidão nas consultas. Por esse motivo, a definição do banco de dados é importante.

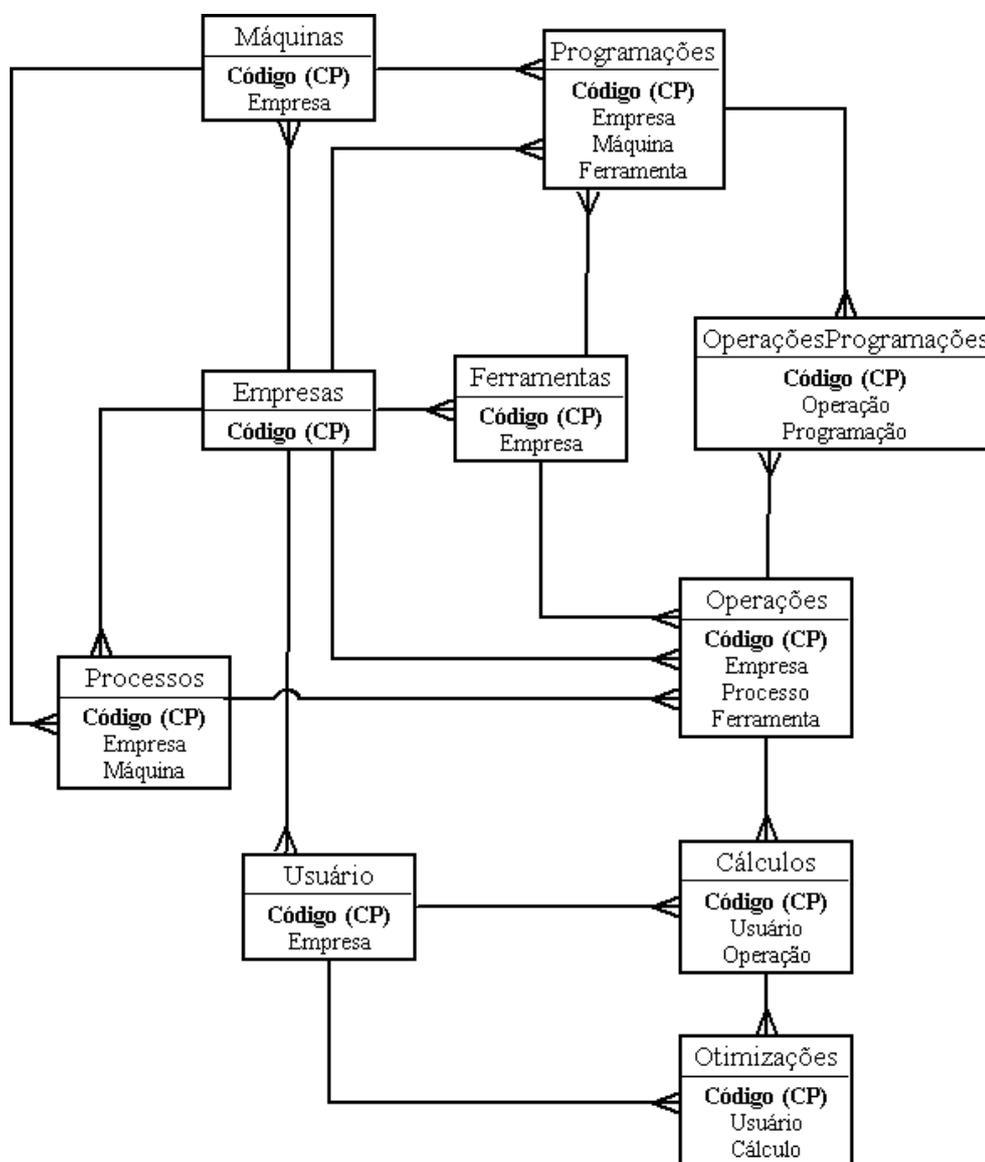


FIGURA 21 – DIAGRAMA ENTIDADE-RELACIONAMENTO

A Figura 21 é um Diagrama Entidade-Relacionamento (DER), mostrando como estão organizados os dados no banco de dados do sistema MOS 2.

Esse diagrama mostra uma parte do banco de dados do sistema MOS. Na Quadro 3 estão descritas as entidades existentes no diagrama e o que elas representam.

O diagrama mostrado na Figura 22 explica como os dados adicionais específicos para cada empresa, como novos campos e fórmulas ficarão armazenados no banco de dados.

<b>Entidade</b>	<b>Descrição</b>
Empresa	Dados sobre as empresas que utilizam o sistema, e as configurações relacionadas a cada empresa.
Usuários	Dados sobre os usuários do sistema e o nível de acesso deles
Máquinas	Dados sobre as máquinas existentes nas empresas.
Ferramentas	Dados sobre as ferramentas disponíveis para as operações
Processos	Dados sobre os processos realizados pelas máquinas
Operações	Dados sobre as operações que fazem parte de cada processo
Programações	Dados sobre programações diárias, ou seja, conjunto de operações realizadas com determinada máquina e ferramenta no dia.
OperaçõesProgramações	Lista das operações que fazem parte de cada programação diária
Cálculos	Dados dos cálculos realizados relativos às operações
Otimizações	Dados sobre as otimizações de operações realizadas

*QUADRO 3 – DESCRIÇÃO DAS ENTIDADES*

As entidades máquinas, ferramentas, processos, operações e programações poderão ser configuradas pelo “administrador da empresa” para ter campos adicionais. A lista dos campos adicionais configurados para cada entidade, será armazenada numa nova tabela representada pela entidade “lista de campos adicionais” mostrada no diagrama.

Por exemplo, para a tabela de máquinas haverá uma tabela “lista de campos adicionais para máquinas” que guardará a lista de campos adicionais configurados para cada empresa. Quando uma nova máquina for adicionada pelo usuário, além dos campos padrões existentes, será pedido para que o usuário preencha as informações dos campos adicionais configurados e os valores digitados serão armazenados numa outra tabela representada pela entidade “campos adicionais das máquinas”. Esse tipo de organização permitirá que a lista de campos adicionais para as máquinas seja modificada sem que seja necessário atualizar as informações de todas as máquinas existentes. Qualquer modificação na lista só terá efeito para as máquinas adicionadas a partir daquele momento.

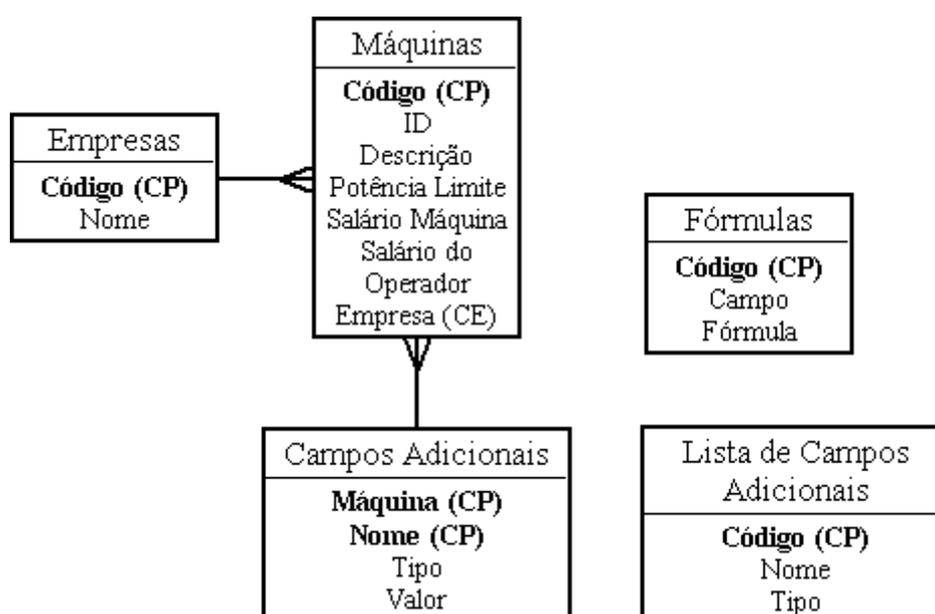


FIGURA 22 – DIAGRAMA ENTIDADE-RELACIONAMENTO COMPLEMENTAR

Outra configuração que poderá ser realizada pelo “administrador da empresa” é a associação de fórmulas para preencher informações ao invés de digitá-las diretamente. Essas fórmulas ficarão numa tabela representada pela entidade “fórmulas”. Ao adicionar ou alterar informações de uma entidade a opção para utilização da fórmula aparecerá ao lado do campo quando aquele campo possuir uma fórmula associada. O usuário poderá então optar pela utilização da fórmula ou não para preencher o valor do campo.

## 6.6. DIAGRAMA DE ESTADOS DA OTIMIZAÇÃO

Toda a entrada de dados realizada pelos usuários, que adiciona informações sobre máquinas, ferramentas, processos operações e programações diárias, tem como objetivo a utilização desses dados para que com eles o sistema possa realizar cálculos e exibir relatórios que ajudem a entender melhor a situação atual ou otimizá-la.

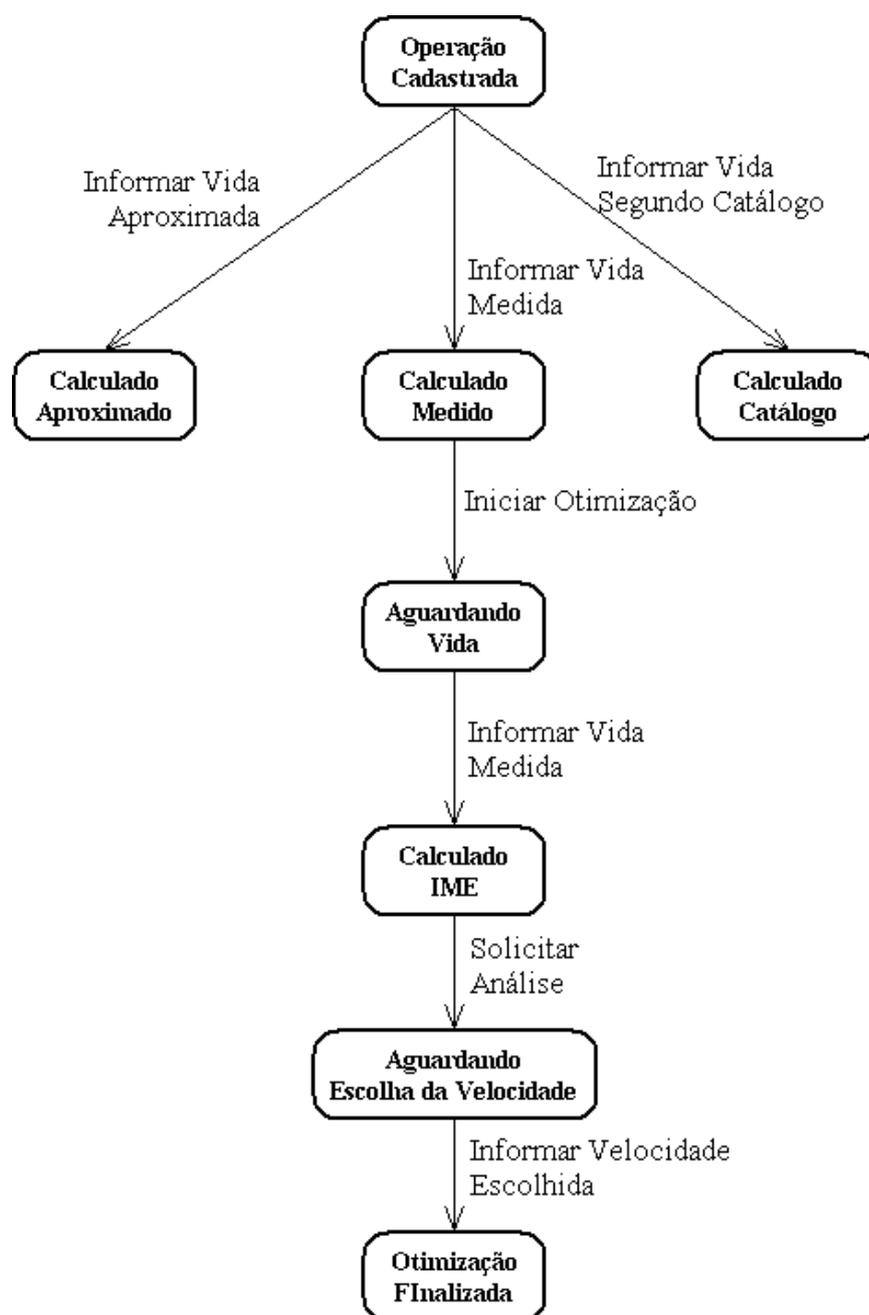


FIGURA 23 – DIAGRAMA DE ESTADOS DA OTIMIZAÇÃO

O diagrama de estados da otimização mostrado na Figura 23 representa os estágios pelos quais os cálculos e otimizações passam após os dados terem sido preenchidos pelos usuários.

O estado inicial do diagrama é o de “operação cadastrada”. Isso significa que o usuário realizou o cadastro de uma operação e por consequência todos os dados relativos a essa operação. Uma vez nesse ponto, existem três ações que o usuário pode tomar:

- informar vida aproximada – quando ele solicita que seja feito um cálculo dessa operação e informa ao sistema um valor de vida aproximado para a ferramenta. Nesse caso o sistema retornará um cálculo aproximado dos indicadores da usinagem;
- informar vida de catálogo – quando o usuário solicita o cálculo dos indicadores de usinagem e fornece como vida de ferramenta o valor encontrado no catálogo da mesma. O sistema retornará o cálculo dos indicadores baseado em catálogo;
- informar vida medida – Nesse caso o usuário ao solicitar a realização do cálculo, irá medir a vida da ferramenta durante a usinagem, informando-a ao sistema. O sistema retornará um relatório de indicadores com valores baseados em medição real, o estado da otimização será o de “Calculado Medido” e poderá a partir daí, iniciar um processo de otimização se assim o usuário desejar;

Quando a otimização estiver no estado de “Calculado Medido” e o realizar a ação de “Iniciar Otimização”, o sistema irá indicar uma nova velocidade de corte e pedir para que o usuário entre com a vida da ferramenta medida para essa nova velocidade de corte. Isso é necessário para que o sistema possa realizar o cálculo do IME, como descrito no item 2.13.

Nesse ponto a otimização fica no estado de “Aguardando Vida” e o usuário deve fazer a usinagem, medir a vida e informar ao sistema. O sistema então irá realizar o cálculo do IME e exibirá um relatório com os resultados a fim de

facilitar para o usuário a escolha da melhor velocidade de corte. O estado da otimização estará em “Calculado IME”.

Nesse estado, o usuário poderá solicitar que o sistema faça uma análise da situação antes e depois da otimização. O sistema irá pedir que o usuário informe a velocidade de corte escolhida ou aceite a velocidade sugerida pelo sistema, ficando a otimização no estado de “Aguardando Escolha da Velocidade”.

Por fim o usuário deverá informar a velocidade escolhida e um relatório comparativo com a situação antes e depois da otimização será exibido, encerrando o processo de otimização e definindo o estado da otimização como “Otimização Finalizada”.

## **7. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA**

A verificação do MOS2 consistiu na realização de simulações de otimização do processo de usinagem, utilizando-se um cenário ideal para a definição dos dados e variáveis envolvidas, o qual permitiu a redução de erros e de variações que podem ocorrer em ambiente fabril, pois, o objetivo foi verificar se as rotinas e regras implementadas no sistema corresponderiam ao que foi determinado.

Para verificação das rotinas de cálculo e de otimização dos sistema MOS 2, foram aproveitados resultados de um ensaio realizado em laboratório por Malaquias (1999), já empregados na verificação do sistema MOS anteriormente.

Duas peças adicionais, com materiais diferentes, foram elaboradas e denominadas PC02 e PC03 (ver Figura 29 e Figura 32), para verificação da otimização de uma produção composta por lotes de peças com diferentes materiais. Neste caso, os dados utilizados foram obtidos em catálogos do fabricante de ferramentas (Sandvik).

Com as referidas peças, juntamente com informações sobre a máquina-ferramenta, ferramenta, processo e operação, foi elaborada uma programação de lotes de peças para a realização da simulação desejada.

Para ambos os casos, primeiramente foram realizados cálculos com auxílio de planilha eletrônica, cujos resultados foram comparados com os cálculos realizados pelo MOS 2.

As demais funções e rotinas não descritas aqui neste capítulo foram testadas durante a elaboração do sistema. Neste capítulo serão abordadas somente as rotinas relacionadas com o cálculo e a otimização do processo de usinagem com base na metodologia empregada. A seguir são descritos os procedimentos realizados para a verificação do sistema, para o processo de torneamento.

## 7.1. INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC01

A primeira peça utilizada nesta verificação, aqui denominada PC01, (ver Figura 24), é a mesma utilizada no ensaio de usinagem citado anteriormente (MALAQUIAS, 1999), cujos dados estão descritos a seguir.

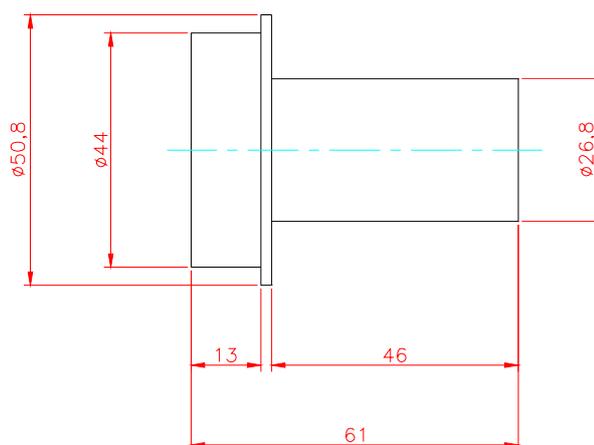


FIGURA 24 – PEÇA CÓDIGO PC01.

### 7.1.1. INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA

Os seguintes dados relacionados à peça PC01 foram utilizados para a realização dos cálculos:

- Máquina:
  - descrição: Torno CNC CENTUR 30 RV;
  - salário Máquina: R\$ 15,00 / h;
  - salário do operador: R\$ 13,60 / h;
  - potência limite: 6,65 kW;
- Ferramenta:
  - descrição: CNMG 120408-PM - GC 4035;

- tempo de troca da aresta: 0,58 min;
  - especial: não;
  - quantidade crítica (em estoque): 50;
  - custo da ferramenta: R\$ 3,28.
- Processo:
- descrição: PC01;
  - material: Aço SAE 4340;
  - dureza: 33,4 HRC;
  - tempo de *SETUP*: 35 min;
- operação:
- velocidade de corte inicial: 175 m/min;
  - tempo efetivo de corte: 1,5 min;
  - avanço: 0,25 mm/volta;
  - profundidade: 1 mm;
  - diâmetro menor: 26,8 mm;
  - rotação limite: 4000 rpm;
  - comprimento de corte: 552 mm;
  - refrigeração: não utiliza;
  - valor de  $\underline{x}$ : 4,16;
  - valor de K:  $5,04 \times 10^{10}$ ;

- cálculo (informações):
  - lote: 2000;
  - outros tempos: 2 min;
  - critério (de fim de vida): desgaste VB = 1 mm;
  - vida (medida): 23,96 min;
- otimização:
  - velocidade de corte (+ 20%): 210 m/min;
  - vida (medida): 11,23 min;
  - tempo efetivo de corte: 1,25 min;

#### 7.1.2. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA

Os valores da Figura 25 foram obtidos inserindo-se os dados da peça PC01 numa planilha eletrônica preparada para calcular os indicadores de custos e tempos de produção.

<b>Velocidade de corte atual:</b>	175 mm/min
Produção Horária (100%)	16,88 peças/hora
Peças usinadas por vida	15,97 peças
Ferramentas por Lote	125,21 ferramentas
Tempo Total de Trocas	72,04 minutos
Tempo Total de Fabricação por peça	3,55 minutos
Tempo Total de Fabricação do Lote	7107,04 minutos
Custo do Ferramental por peça	0,21 Reais
Custo do Ferramental por lote	410,68 Reais
Custo de Usinagem por Peça	1,90 Reais
Custo de Usinagem por Lote	3798,65 Reais

FIGURA 25 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC01 PELA PLANILHA.

### 7.1.3. RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2

Em função dos dados inseridos no sistema, obtidos foram calculados alguns indicadores de desempenho, cujos resultados estão descritos na Figura 26.

Indicador:	Valor:	Unidade:
Velocidade de Corte	175	m/min
Produção Horária (100%)	16,88	peças/h
Peças usinadas por vida	15,97	peças
Ferramentas por Lote	125,21	fer.
Tempo Total de Trocas	72,62	min
Tempo Total de Fabricação por peça	3,554	min
Tempo Total de Fabricação do Lote	7.107,041	min
Custo do Ferramental por peça	0,21	Reais
Custo do Ferramental por lote	410,68	Reais
Custo de Usinagem por peça	1,90	Reais
Custo de Usinagem por lote	3.798,37	Reais

*FIGURA 26 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC01 PELO MOS2.*

Comparando-se a Figura 25 com a Figura 26, é possível ver que os resultados obtidos por ambos os métodos foram muito próximos, somente com pequenas diferenças ocasionadas pelas aproximações referentes à variação do número de casas decimais entre um método e outro.

### 7.1.4. RESULTADO DA OTIMIZAÇÃO PELA PLANILHA ELETRÔNICA

Uma planilha eletrônica preparada para calcular a velocidade de corte de mínimo custo e máxima produção, bem como os indicadores de custos e tempos de produção para cada uma dessas velocidades foi utilizada, obtendo-se os valores mostrados na Figura 27.

### 7.1.5. RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO PELO MOS

Adicionando-se aos dados do cálculo os dados pedidos pela rotina de otimização, o sistema MOS gerou um gráfico do IME e uma tabela com os indicadores para as velocidades de mínimo custo e máxima produção. Estes resultados são mostrados na Figura 28.

<b>Velocidade de Máxima Produção:</b>	324,64 mm/min
Produção Horária (100%)	19,47 peças/hora
Peças usinadas por vida	2,27 peças
Ferramentas por Lote	882,73 ferramentas
Tempo Total de Trocas	511,41 minutos
Tempo Total de Fabricação por peça	3,08 minutos
Tempo Total de Fabricação do Lote	6164,28 minutos
Custo do Ferramental por peça	1,45 Reais
Custo do Ferramental por lote	2895,37 Reais
Custo de Usinagem por Peça	2,92 Reais
Custo de Usinagem por Lote	5833,95 Reais
<b>Velocidade de Mínimo Custo:</b>	174,89 mm/min
Produção Horária (100%)	16,86 peças/hora
Peças usinadas por vida	15,67 peças
Ferramentas por Lote	127,61 ferramentas
Tempo Total de Trocas	73,43 minutos
Tempo Total de Fabricação por peça	3,56 minutos
Tempo Total de Fabricação do Lote	7117,03 minutos
Custo do Ferramental por peça	0,21 Reais
Custo do Ferramental por lote	418,55 Reais
Custo de Usinagem por Peça	1,91 Reais
Custo de Usinagem por Lote	3811,28 Reais

FIGURA 27– RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO DA PC01 PELA PLANILHA ELETRÔNICA.

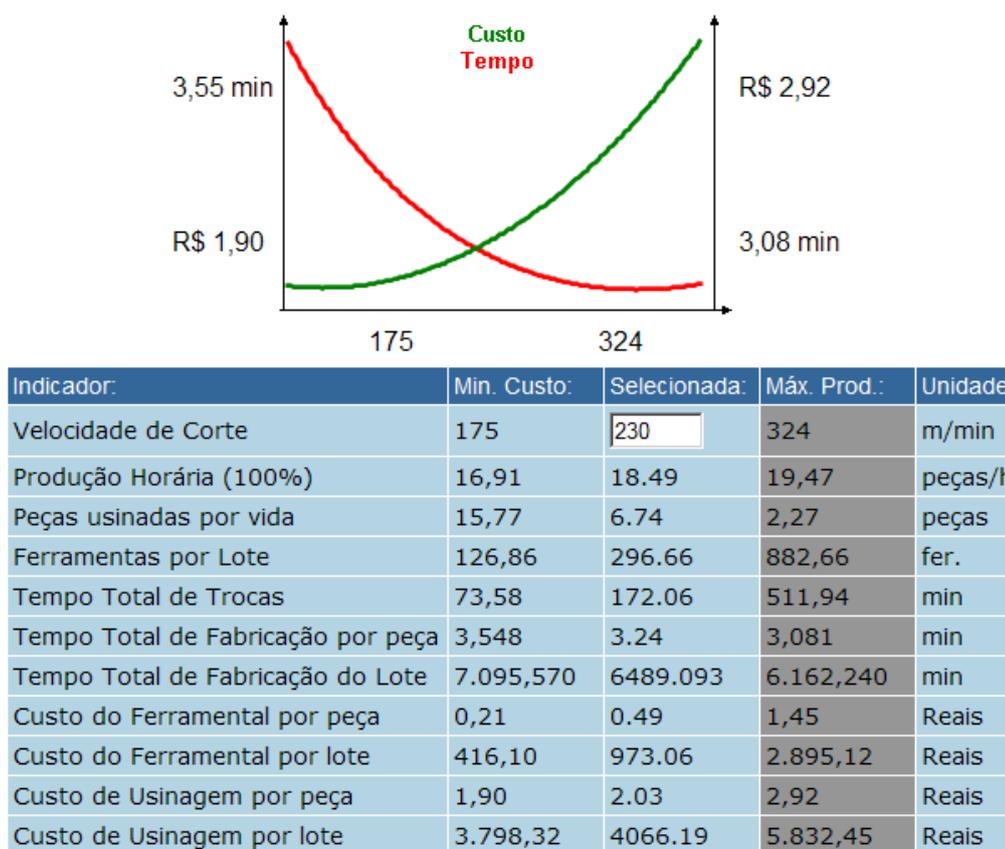


FIGURA 28– RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO DA PC01 PELO MOS2.

Comparando-se a Figura 27 com a Figura 28, é possível ver que os resultados obtidos por ambos os métodos foram muito próximos, somente com pequenas diferenças ocasionadas pelas aproximações referentes à variação do número de casas decimais entre um método e outro.

## 7.2. INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC02

A seguir estão descritos todos os dados utilizados para a realização dos cálculos pela planilha eletrônica e pelo sistema MOS 2, bem como os resultados obtidos por ambos os métodos.

### 7.2.1. INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA

Os seguintes dados relacionados à peça PC02 foram utilizados para a realização dos cálculos:

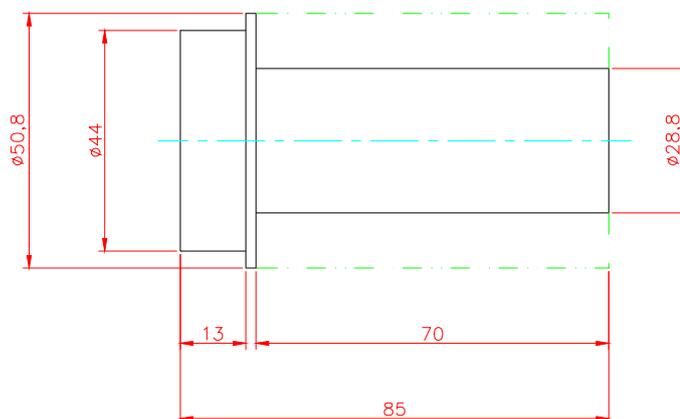


FIGURA 29 – PEÇA CÓDIGO PC02.

As propriedades são:

- Máquina-ferramenta:
  - descrição: Torno CNC CENTUR 30 RV;
  - salário Máquina: R\$ 15,00 / h;
  - salário do operador: R\$ 13,60 / h;
  - potência limite: 6,65 kW;
- Ferramenta:
  - descrição: CNMG 120408-PM - GC 4035;
  - tempo de troca da aresta: 0,58 min;
  - especial: não;
  - quantidade crítica (em estoque): 50;
  - custo da ferramenta: R\$ 3,28.

- Processo:
  - descrição: PC02;
  - material: ASTM A353;
  - dureza: 200 HB;
  - tempo de *SETUP*: 35 min;
  
- operação:
  - velocidade de corte inicial: 175 m/min;
  - tempo efetivo de corte: 2,14 min;
  - avanço: 0,25 mm/volta;
  - profundidade: 1 mm;
  - diâmetro menor: 28,8 mm;
  - rotação limite: 4000 rpm;
  - comprimento de corte: 770 mm;
  - refrigeração: não utiliza;
  - valor de  $\chi$ : 4,2;
  - valor de K:  $1,04 \times 10^{11}$ ;
  
- cálculo (informações):
  - lote: 2000;
  - outros tempos: 2 min;
  - critério (de fim de vida): desgaste VB = 1 mm;
  - vida (estimada): 53,13 min.

### 7.2.2. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA

Os valores da Figura 30 foram obtidos inserindo-se os dados da peça PC02 numa planilha eletrônica preparada para calcular os indicadores de custos e tempos de produção.

<b>Velocidade de corte atual:</b>	175 mm/min
Produção Horária (100%)	14,35 peças/hora
Peças usinadas por vida	24,83 peças
Ferramentas por Lote	80,56 ferramentas
Tempo Total de Trocas	46,14 minutos
Tempo Total de Fabricação por peça	4,18 minutos
Tempo Total de Fabricação do Lote	8361,14 minutos
Custo do Ferramental por peça	0,13 Reais
Custo do Ferramental por lote	264,23 Reais
Custo de Usinagem por Peça	2,12 Reais
Custo de Usinagem por Lote	4249,98 Reais

FIGURA 30 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC02 PELA PLANILHA.

### 7.2.3. RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2

Em função dos dados inseridos no sistema, obtidos foram calculados alguns indicadores de desempenho, cujos resultados estão descritos na Figura 31.

Indicador:	Valor:	Unidade:
Velocidade de Corte	175	m/min
Produção Horária (100%)	14,35	peças/h
Peças usinadas por vida	24,83	peças
Ferramentas por Lote	80,56	fer.
Tempo Total de Trocas	46,72	min
Tempo Total de Fabricação por peça	4,181	min
Tempo Total de Fabricação do Lote	8.361,143	min
Custo do Ferramental por peça	0,13	Reais
Custo do Ferramental por lote	264,23	Reais
Custo de Usinagem por peça	2,12	Reais
Custo de Usinagem por lote	4.249,71	Reais

FIGURA 31 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC02 PELO MOS2.

Comparando-se a Figura 30 com a Figura 31, é possível ver que os resultados obtidos por ambos os métodos foram muito próximos, somente com pequenas diferenças ocasionadas pelas aproximações referentes à variação do número de casas decimais entre um método e outro.

### 7.3. INFORMAÇÕES, CÁLCULOS E RESULTADOS DA PC03

A seguir estão descritos todos os dados utilizados para a realização dos cálculos pela planilha eletrônica e pelo sistema MOS 2, bem como os resultados obtidos por ambos os métodos.

#### 7.3.1. INFORMAÇÕES UTILIZADAS NA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA

Os seguintes dados relacionados à peça PC03 foram utilizados para a realização dos cálculos:

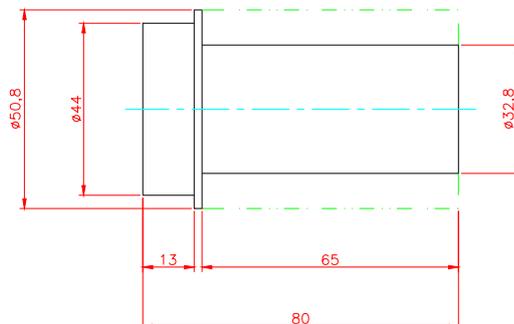


FIGURA 32 – PEÇA CÓDIGO PC03

- Máquina-ferramenta:
  - descrição: Torno CNC CENTUR 30 RV;
  - salário Máquina: R\$ 15,00 / h;
  - salário do operador: R\$ 13,60 / h;
  - potência limite: 6,65 kW;
- Ferramenta:

- descrição: CNMG 120408-PM - GC 4035;
  - tempo de troca da aresta: 0,58 min;
  - especial: não;
  - quantidade crítica (em estoque): 50;
  - custo da ferramenta: R\$ 3,28.
- Processo:
- descrição: PC03;
  - material: SAE 1045;
  - dureza: 150 HB;
  - tempo de *SETUP*: 35 min;
- operação:
- velocidade de corte inicial: 175 m/min;
  - tempo efetivo de corte: 1,71 min;
  - avanço: 0,25 mm/volta;
  - profundidade: 1 mm;
  - diâmetro menor: 32,8 mm;
  - rotação limite: 4000 rpm;
  - comprimento de corte: 585 mm;
  - refrigeração: não utiliza;
  - valor de  $\underline{x}$ : 4,2;
  - valor de K:  $8,8 \times 10^{11}$ ;

- cálculo (informações):
  - lote: 2000;
  - outros tempos: 2 min;
  - critério (de fim de vida): desgaste VB = 1 mm;
  - vida (estimada): 334 min.

### 7.3.2. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA

Os valores da Figura 33 foram obtidos inserindo-se os dados da peça PC03 numa planilha eletrônica preparada para calcular os indicadores de custos e tempos de produção.

<b>Velocidade de corte atual:</b>	175 mm/min
Produção Horária (100%)	16,09 peças/hora
Peças usinadas por vida	195,32 peças
Ferramentas por Lote	10,24 ferramentas
Tempo Total de Trocas	5,36 minutos
Tempo Total de Fabricação por peça	3,73 minutos
Tempo Total de Fabricação do Lote	7460,36 minutos
Custo do Ferramental por peça	0,02 Reais
Custo do Ferramental por lote	33,59 Reais
Custo de Usinagem por Peça	1,79 Reais
Custo de Usinagem por Lote	3589,97 Reais

*FIGURA 33 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC03 PELA PLANILHA.*

### 7.3.3. RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2

Em função dos dados inseridos no sistema, obtidos foram calculados alguns indicadores de desempenho, cujos resultados estão descritos na Figura 34.

Indicador:	Valor:	Unidade:
Velocidade de Corte	175	m/min
Produção Horária (100%)	16,09	peças/h
Peças usinadas por vida	195,32	peças
Ferramentas por Lote	10,24	fer.
Tempo Total de Trocas	5,94	min
Tempo Total de Fabricação por peça	3,730	min
Tempo Total de Fabricação do Lote	7.460,359	min
Custo do Ferramental por peça	0,02	Reais
Custo do Ferramental por lote	33,59	Reais
Custo de Usinagem por peça	1,79	Reais
Custo de Usinagem por lote	3.589,69	Reais

*FIGURA 34 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PC03 PELO MOS2.*

Comparando-se a Figura 33 com a Figura 34, é possível ver que os resultados obtidos por ambos os métodos foram muito próximos, somente com pequenas diferenças ocasionadas pelas aproximações referentes à variação do número de casas decimais entre um método e outro.

#### **7.4. PROGRAMAÇÃO DIÁRIA**

Para poder verificar o cálculo de ferramentas consumidas, foi composta uma Programação Diária contendo peças diferentes, conforme a .Figura 35.

<b>Código da Peça</b>	<b>Quantidade</b>
PC01	8
PC02	4
PC03	30
PC01	16
PC02	13

*FIGURA 35 – LISTA DE PEÇAS DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA.*

O coeficiente  $\underline{x}$  e a constante  $\underline{K}$ , referentes às peças PC02 e PC03 foram obtidos no catálogo do fabricante da ferramenta (Sandvik).

Foram realizados os cálculos da previsão do número de arestas consumidas utilizando-se uma planilha eletrônica e o sistema MOS2, para que em seguida se pudesse comparar os resultados obtidos por ambos os métodos.

#### 7.4.1. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA ELETRÔNICA

Os resultados mostrados na Figura 36 foram obtidos com o auxílio de uma planilha eletrônica a partir dos dados das peças que fazem parte da programação diária.

Peça	Vc (m/min)	Vida (min)	Lote (Peças)	% Aresta Consumida	$S_{n_a}$	Arestas Consumidas
PC01	175	15,68	8	0,51	0,51	1
PC02	175	24,83	4	0,16	0,67	1
PC03	175	195,31	30	0,15	0,83	1
PC01	175	15,68	2	0,13	0,95	1
PC01	175	15,68	14	0,89	0,89	2
PC02	175	24,83	2	0,08	0,97	2
PC02	175	24,83	11	0,44	0,44	3

FIGURA 36 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA PELA PLANILHA.

#### 7.4.2. RESULTADOS DO CÁLCULO PELO MOS 2

Utilizando os dados inseridos no sistema, o MOS2 realizou o cálculo do número de arestas previstas, retornando como resultado a tabela mostrada na Figura 37.

PD01							
Operação	Vc (m/min)	Vida (min)	Vida (peças)	Lote (peças)	Peças	% Aresta Consumida	Arestas Consumidas
OP01	175	23,52	15,68	8	8,00	0,51	1
OP02	175	53,13	24,83	4	4,00	0,67	1
OP03	175	333,98	195,31	30	30,00	0,82	1
OP01	175	23,52	15,68	16	2	0,95	1
					14	0,89	2
OP02	175	53,13	24,83	13	2	0,97	2
					11	0,44	3

FIGURA 37 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA PELO MOS2.

Comparando-se a Figura 36 com a Figura 37, é possível ver que os resultados obtidos por ambos os métodos foram muito próximos, somente com pequenas diferenças ocasionadas pelas aproximações referentes à variação do número de casas decimais entre um método e outro.

#### **7.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Com os resultados obtidos pelo sistema MOS2 e pelas planilhas eletrônicas, em cada um dos cálculos, otimização e programação diária simulados, foi possível realizar a comparação entre eles e observar que os valores calculados não apresentaram diferenças significativas, o que demonstra que o sistema não possui erros em suas rotinas de cálculo.

## 8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nos capítulos anteriores, foram apresentados os aspectos gerais sobre usinagem e sistemas de informação, metodologia, análise do sistema atual, sugestões de melhorias e finalmente o modelamento e verificação do sistema. Baseado nas informações apresentadas, pode-se concluir que:

- O modelo matemático utilizado para a otimização foi estudado e a partir desse estudo foi adicionada uma nova possibilidade de cálculo (velocidade de mínimo custo para máquina ociosa) para cenários onde a máquina possua uma disponibilidade de tempo.
- O sistema MOS 2 adicionou ao sistema MOS melhorias e novas funcionalidades, tornando-se mais amigável e completo. As melhorias e novas funcionalidades adicionadas foram:
  - utilização de recursos mais profundos da tecnologia ASP, com uma maior utilização de CSS, *Javascript* e *Vbscript* não empregados no sistema MOS anterior;
  - maior facilidade para futuras alterações no leiaute e no sistema, por meio da utilização de técnicas de programação adequadas.
  - novo leiaute desenvolvido segundo estudos estéticos e de cores, de modo a tornar a utilização do sistema mais agradável e possivelmente aumentando sua credibilidade;
  - maior facilidade de uso com a reestruturação dos menus e divisão da tela em áreas funcionais;
  - níveis de acesso diferenciados para os usuários (“administrador do sistema”, “administrador da empresa” ou “usuário da empresa”);

- interface para gerenciamento do sistema na qual podem ser gerenciados usuários e empresas;
- possibilidade que cada empresa configure suas próprias fórmulas para cálculos dos parâmetros de otimização;
- pesquisas melhoradas de forma a permitir que o usuário pesquise os diversos dados não somente pelo código, mas por praticamente qualquer informação existente;
- maior facilidade de uso com a redução das informações pedidas ao usuário e maior flexibilidade com a possibilidade de cada empresa adicionar novas informações conforme necessário;
- mais cenários de cálculo com o suporte aos novos estudos dos modelos matemáticos do IME, como a velocidade de mínimo custo para máquinas ociosas e a velocidade de máximo custo admissível;
- opções para que o usuário possa calcular a situação atual antes de realizar a otimização e analise as alterações nos indicadores de produção após a otimização;

Enfim, o sistema MOS 2 foi melhorado com características descritas, tornando-se mais amigável, mais fácil de utilizar, mais flexível e melhor estruturado para futuras atualizações e melhorias

#### **8.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Alterar o sistema para que o mesmo utilize um banco de dados como o SQL Server, de modo a ampliar o número de usuários simultâneos;
- Criação de um Web Service que realize os cálculos de otimização mediante parâmetros de entrada, permitindo assim que outros sistemas WEB online possam utilizá-lo;

- Criação de Web Service para permitir que outros sistemas WEB leiam, alteram ou criem novos dados no sistema MOS 2;
- Integração do MOS 2 com máquinas CNCs de modo a realizar a alimentação dos dados e configuração da máquina automaticamente;
- Configuração dos processos de usinagem que compõe um produto, para assim estimar o custo de fabricação do produto e trabalhar com os custos relativos ao produto, bem como considerar o lucro por peça para definir a velocidade de corte de maior lucratividade;
- Aplicar o sistema em ambiente fabril para verificar sua aplicabilidade e estudar os resultados obtidos;
- Integração com sistema de modelamento baseado em *features* de usinagem para obter dados de processos nunca usinados;
- Sugestão de velocidade de corte inicial para um processo nunca usinado, baseado na similaridade com processos já otimizados;
- Criação de rotinas para importar e exportar os dados do sistema, facilitando a transferência dos mesmos entre sistemas diferentes.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. (2001) **Takt time: contexto e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Revista Gestão & Produção, v. 8, n. 1, p. 01-18, abr. 2001

ARAÚJO, G. A., COPPINI, N. L. **Sistema de apoio na escolha de condições operacionais para processos de usinagem**. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 15, Bauru, Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 1997. Publicado em CD.

BAPTISTA, E. A., 2000, “**Desenvolvimento de um sistema especialista para otimização do processo de usinagem**”, Santa Bárbara d’Oeste: FEMP, UNIMEP. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, 194p.

BAPTISTA, E. A., 2004, “**Desenvolvimento de um sistema especialista para a otimização do processo de usinagem baseado na web**”, Santa Bárbara d’Oeste: FEMP, UNIMEP. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, 194p.

BERNARDO, V.; COPPINI, N. L. (1996) **Inteligência artificial aplicada na otimização das condições de usinagem**. Máquinas e Metais, São Paulo, n. 369, p. 76-87.

BERNERS-LEE, TIM J., ROBERT CAILLIAU, J-F GROFF, B. POLLERMAN (1992) **World-Wide Web: The Information Universe** ElectronicNetworking: Research, Applications, and Policy, Spring,2(1), 52-58. Meckler Publishing, Westport, CT

BUSH, V. **As We May Think** The Atlantic Monthly, vol.176, no.1, p.101-108. July, 1945.

CALDEIRANI FILHO, J. and DINIZ, A. E. (2002) **Influence of Cutting Conditions on Tool Life, Tool Wear and Surface Finish in the Face Milling Process**. *J. Braz. Soc. Mech. Sci.*, vol.24, no.1, p.10-14. ISSN 0100-7386.

COPPINI, N. L.; BERNARDO, V.; MARCONDES, F. C. **Determinação de condições otimizadas para usinagem dentro do conceito de fabricação flexível**. (1995) In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 13, Belo Horizonte, Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas.

COPPINI, N. L.; BAPTISTA, E. A. (1998) **Alternativas de otimização dos parâmetros de corte para cenários de fabricação em usinagem**. In.: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18, Niterói, Anais... Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

COPPINI, N. L.; MALAQUIAS, J. C. (1998) **Gerenciamento em usinagem – proposta para cenário de fabricação flexível**. In.: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18, Niterói, Anais... Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

COPPINI, N. L.; BATOCCHIO, M. C. A. (1994) **Otimização das condições de usinagem através de um sistema especialista**. In.: Congresso de Engenharia Mecânica Norte-nordeste, 3, 1994, Belém, Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, v. 2, p. 564-567.

CURPHEY, M., ENDLER, D., HAU, W., TAYLOR, S., SMITH, T., RUSSELL, A., MCKENNA, G., PARKE, R., MCLAUGHLIN, K., TRANTER, N., KLIEN, A., GROVES, D., BY-GAD, I., HUSEBY, S., EIZNER, M., MCNAMARA, R. "A Guide to Building Secure Web Applications." (2002) **The Open Web Application Security Project**, v.1.1.1,

DINIZ, A. E.; COPPINI, N. L.; VILELLA, R. C.; RODRIGUES, A. C. S. (1989) **Otimização das condições de usinagem em células**. Máquinas e Metais, São Paulo, n.281, p. 48-54.

DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. (2001) **Tecnologia de usinagem dos materiais**. São Paulo: mm editora, 242p.

FERRARESI, D. (1977), **Fundamentos da Usinagem dos Metais** – Editora Edgard Blucher – São Paulo

FOGG, B.J., MARSHALL, J., LARAKI, O., OSIPOVICH, A., VARMA, C., FANG, N., PAUL, J., RANGNEKAR, A., SHON, J., SWANI, P. AND TREINEN, M. (2001). **What Makes Web Sites Credible? A Report on a Large Quantitative Study**. In Proceedings of the Conference on Human Computer Interaction 2001, NY: ACM Press p. 61-68

GERACI, M. (2002). **Designing web-based instruction: a research review on color, typography, layout, and screen density**. Retrieved May 22, 2006, from <http://aim.uoregon.edu/research/pdfs/Geraci2002.pdf>

GIL, A.C. (1991) **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Atlas.

HAIG, A., AND WHITFIELD, T.W.A., (2001). **Predicting the Aesthetic Performance of Web Sites: What Attracts People?** National School of Design, Swinburne University of Technology, Australia.

HALL, R. H., AND HANNA, P. (2004) "The Impact of Web Page Text-Background Colour Combinations on Readability, Retention, Aesthetics, and Behavior Intention" Behaviour & Information Technology (23:3), 2004, pp. 183-195

JONES R. A. (2001) **Dominando Active Server Pages 3** Makron Books – São Paulo

KARVONEN, K., (2000). **The beauty of simplicity**. Proceedings of the ACM Conference on Universal Usability(CUU 2000), November 16–17, 2000, Washington DC, USA

KRISTENSEN A. (1998) **Developing HTML based Web Applications** First International Workshop on Web Engineering

LAVIE, T. AND TRACTINSKY, N. (2004) “**Assessing Dimensions of Perceived Visual Aesthetics of Web Sites,**” International Journal of Human-Computer Studies (60), pp. 269-298

LOWE, D. (2003) **Web system requirements: an overview** Springer-Verlag London.

LEE, K.H.; PARK H. P. (2000) **Automated inspection planning of free-form shape parts by laser scanning** Robotics and Computer Integrated Manufacturing 16 p.201-210

MALAQUIAS, J. C. (1999) **Otimização e gerenciamento em usinagem para cenário de fabricação flexível**. Santa Bárbara d'Oeste: FEMP, UNIMEP, 1999. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba

MENG Q., ARSECULARATNE J.A., MATHEW P. (2000) **Calculation of optimum cutting conditions for turning operations using a machining theory** International Journal of Machine Tools & Manufacture 40 p.1709–1733

MUKHERJEE, INDRAJIT. RAY PRADIP K. (2006) **A review of optimization techniques in metal cutting processes**. Computers & Industrial Engineering Vol. 50 ,15–34

NELSON, T., (1965) **A File Structure for the Complex, The Changing and the Indeterminate**, ACM 20thNational Conference Proceedings, p.84-99

O'BRIEN J. A. (2003) **Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Internet** – Editora Saraiva – São Paulo

PIRES, J. R. and DINIZ, A. E. (1996) **Evitando o Desperdício de Ferramentas de Torneamento – Uma aplicação em Chão de Fábrica**, Revista Máquinas e Metais, n. 370, pp. 73-85.

PALLEROSI, C. A.; CUPINI, N. L. Durabilidade de ferramentas de corte na usinagem dos metais. **Metalurgia**, São Paulo, n.215, p. 645-649, out. 1975.

PARK, S.-E., CHOI, D., KIM, J., (2004) "**Critical factors for the aesthetic fidelity of web pages: empirical studies with professional web designers and users**", in: Interacting with computers, Volume: 16, Issue: 2 (April 2004), pp: 351-376

PETRIK, P. (2000) **Top Ten Mistakes in Academic Web Design** History Computer Review (May 2000)

RAGGETT D, HORS A. L., JACOBS L. (1999) **HTML 4.01 Specification**. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/html4/>

RIBEIRO, M. V. **Otimização das condições de corte assistida por computador durante o desenvolvimento do processo**. (1999) Campinas: FEM, UNICAMP, 1999. 143f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

RICE, J., A. FARQUHAR, P. PIERNOT, AND T. GRUBER. (1996). **Using the Web Instead of a Window System**. In Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI96), 103-110

ROONEY, STEVEN A.; ROONEY, JAMES J. (2005) **Lean Glossary**. Quality Progress, Vol. 38, No. 6, JUNE 2005, pp. 41-47

RODRIGUES, A, C. S.; DINIZ, A. E.; COPPINI, N. L. (1987) **Análise das condições operacionais visando a obtenção das condições de usinagem otimizadas**. In.: Seminário de comando numérico no Brasil, 7,1987, São Paulo. Anais... São Paulo: Sociedade brasileira comando numérico

SALLES J. L. C. and GONÇALVES M. T. T. (2003) **Effects of Machining Parameters on Surface Quality of the Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)**. Revista Matéria, vol.8.no.1, p.1-10. ISSN 1517-7076.

SCHENKMAN, B.N., JONSSON, F.U., (2000). **Aesthetics and preferences of web pages**. Behavior and Information Technology 19 (5), 367–377

STAIR R. M. (1998) **Princípios de Sistemas de Informação** – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. – Rio de Janeiro

TRACTINSKY, N., COKHAVI, A., KIRSCHENBAUM, M. (2004) " **Using Ratings and Response Latencies to Evaluate the Consistency of Immediate Aesthetic Perceptions of Web Pages**," Proceedings of the Third Annual Workshop on HCI Research in MIS, Washington, D.C., December 10-11, 2004

WANG, LITAO. MEHRABI, G. MUSTAFA, KANNATEY-ASIBU, JR., (2002). **Hidden Markov Model-based tool wear monitoring in turning**. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 124, 651-657.



## **ANEXO A – COMPARAÇÃO DE LEIAUTE**

A seguir estão listadas lado a lado algumas telas dos sistemas MOS e MOS 2. As telas à esquerda são referentes ao novo sistema MOS 2 enquanto as telas à direita ao sistema MOS anterior.

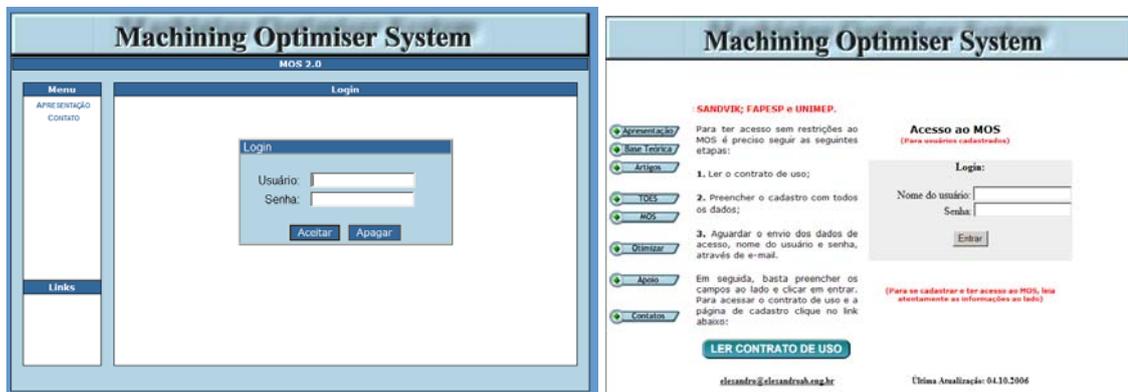


FIGURA 38 – TELA DE LOGIN

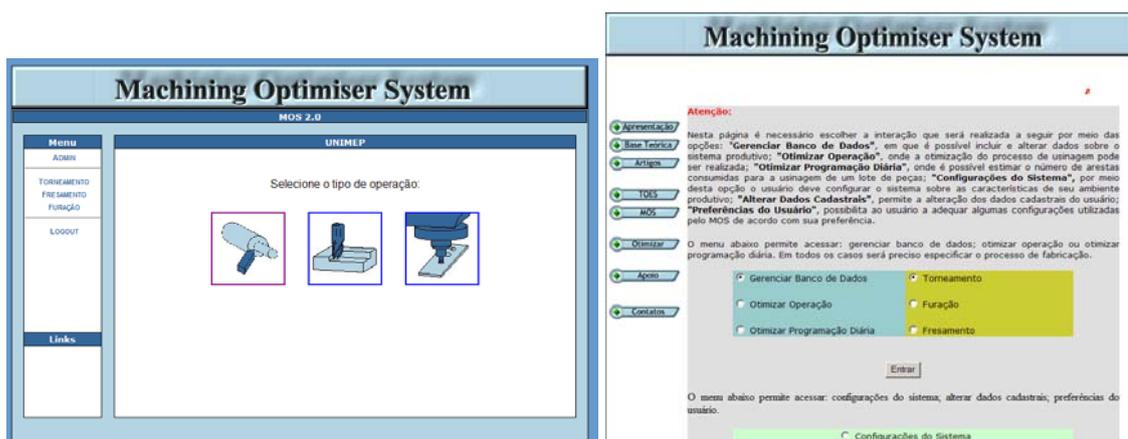


FIGURA 39 – MENU PRINCIPAL

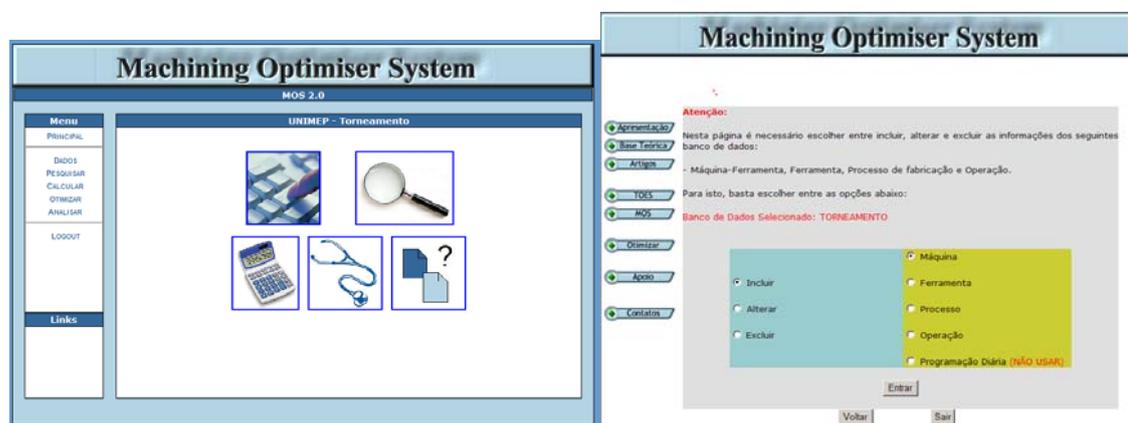


FIGURA 40 – MENU DE DADOS

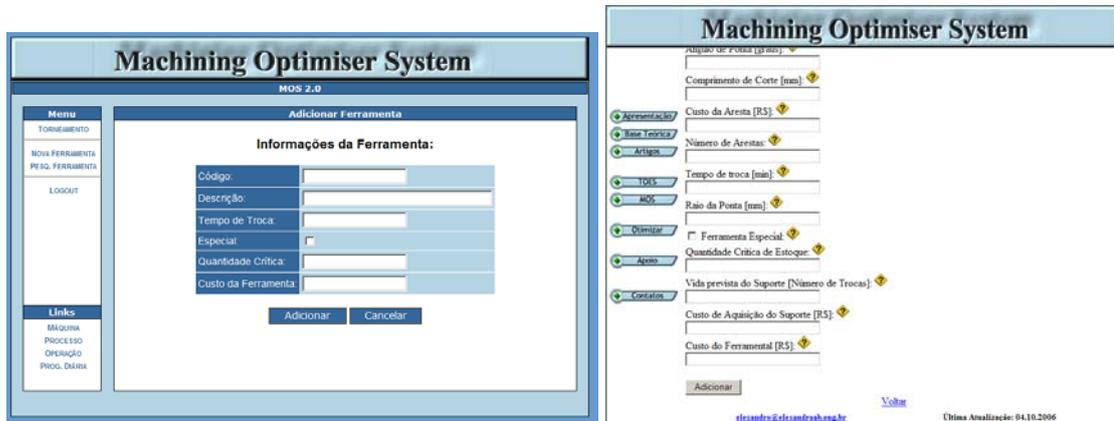


FIGURA 41 – DADOS DA FERRAMENTA

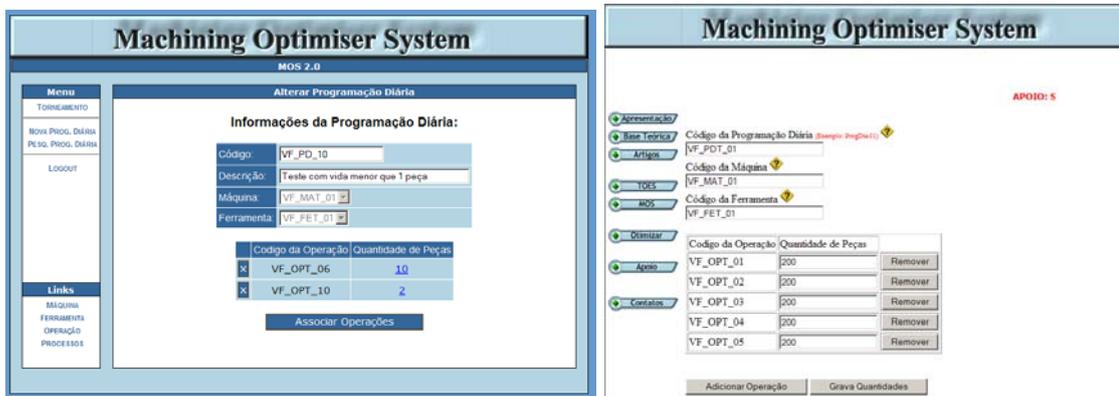


FIGURA 42 – DADOS DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA

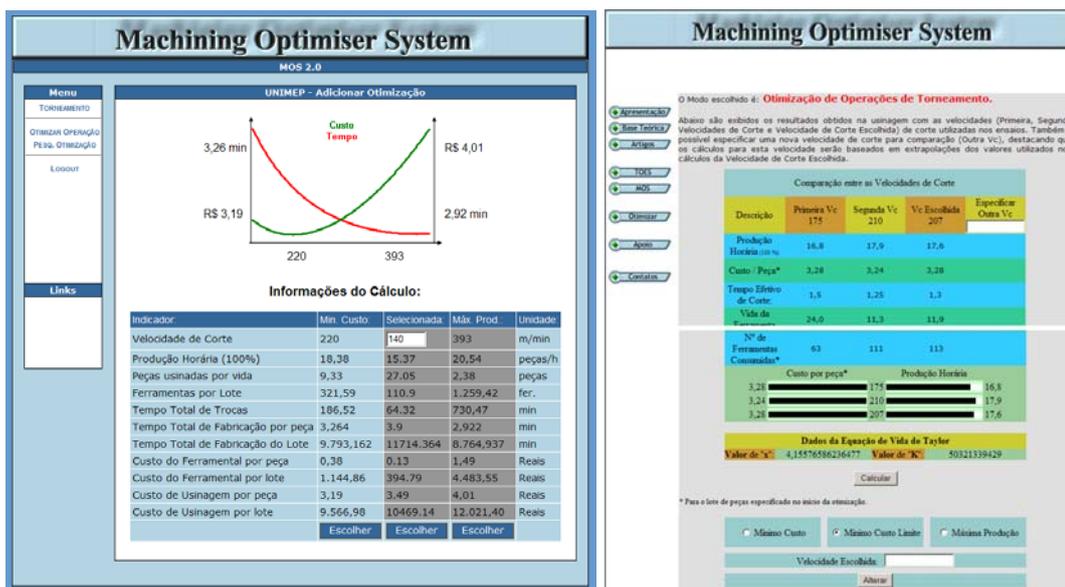


FIGURA 43 – RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO

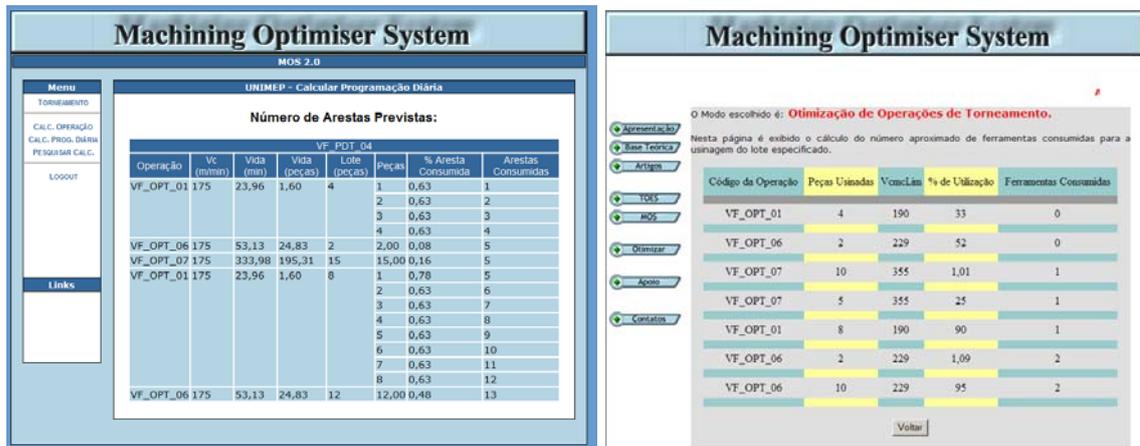


FIGURA 44 – RESULTADOS DO CÁLCULO DA PROGRAMAÇÃO DIÁRIA