

“BLOCOS METÁLICOS BIOCOMPATÍVEIS DE Co-Cr-Mo-W PARA CONFECÇÃO DE PRÓTESES DENTÁRIAS POR PROTOTIPAGEM CAD/CAM”

Aluna: Paula Cipriano da Silva

Orientador: Dr. Claudinei dos Santos

2015

Índices:

- 1 Objetivo
- 2 Revisão Bibliográfica
 - Metais e ligas
 - Fusão de ligas para odontologia
 - Co-Cr-Mo na odontologia
 - Sistema CAD/CAM
- 3 Materiais e Métodos
 - Materiais – Análise dos fabricantes
 - Fluxograma das atividades
 - Caracterizações (química, Microestrutural, mecânica)
- 4 Resultados parciais
- 5 Conclusões parciais
- 6 Cronograma

Objetivo

- Desenvolvimento
- Caracterização
- Uso em maquinas CAD/CAM
- Finalidade de Aplicação odontológica



Figura1: imagem de prótese

Revisão Bibliográfica

- ▶ Metais e ligas:
 - ▶ Liga – propriedades metálicas formados por 2 ou mais elementos (pelo menos 1 metal)
 - ▶ Para odontologia – Sólidos Cristalinos (controle das propriedades)
 - ▶ Processamento e tratamento térmicos

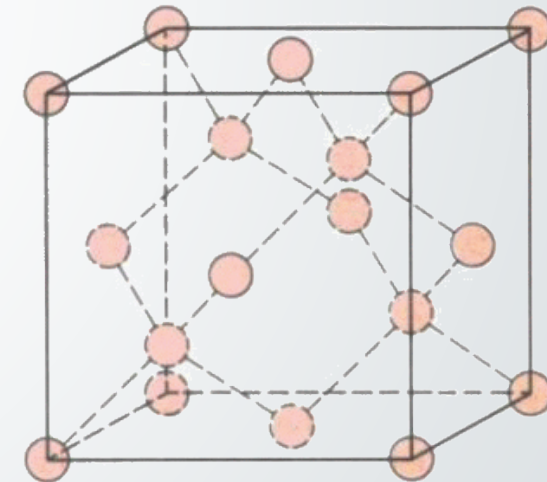


Figura 2: estrutura cristalina HC

Revisão Bibliográfica

- ▶ **Fusão de ligas metálicas para odontologia**
 - ▶ Ni-Cr , Co-Cr, Co-Cr-Ni, titânio – equipamentos especial para fundição
 - ▶ Fundição por indução
 - ▶ Fundição a Vácuo
 - ▶ Unidade de arco Voltaico
- ▶ Resfriamento de forma lenta – evitar interferência no material
 - ▶ Facilitar organização atômica
 - ▶ Evitar tensões internas

Revisão Bibliográfica

- **Co-Cr-Mo na odontologia**
- 70% Co, 30% Cr = Boa resistência à tração, dureza, resistência abrasão e corrosão
- Mo Diminui a dureza e a resistência a tração e limite de escoamento
- Co-Cr-Mo X ligas de ouro
 - Vantagens : baixo peso específico, baixo custo, elevada rigidez e dureza.
 - Desvantagens: menor ductilidade, maior módulo de elasticidade, alta temperatura de fusão, dificuldade de acabamento e polimento.

Revisão Bibliográfica

- ▶ **Co-Cr-Mo na odontologia**
- ▶ Estudo clínico – reação com paciente
- ▶ Reconhecimento Ni-Cr e Co-Cr (Federation Dentaire Internationale)



Figura 3: imagem de prótese metálica.

Revisão Bibliográfica

- ▶ **Sistema Metaloceramico**
- ▶ Restaura um ou mais dentes
- ▶ Vantagens: boa resistência, alto nível de durabilidade, estética, cor próxima dos dentes naturais



Figura 4: imagem de prótese metaloceramica

Revisão Bibliográfica

- Sistema CAD/CAM
 - Computer Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador) / Computer Aided manufacturing (Fabricação Assistida por Computador)
 - Na odontologia desde anos 80
 - uma precisão de até 20 μ m.



Figura: 5 tipo sistema CAD/CAM para odontologia: (a) sistema de escaneamento de imagens; (b) modelo de próteses criado por computador

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Características dos materiais	MESA (Itália)	HIGH BOND (Brasil)	SANDINOX	Liga Experimental
Concentrações (% Peso)	64Co-29Cr-6,5Mo	64Co-26Cr-6Mo-4W	60a66Co-28Cr-6Mo	64Co-24cr-6Mo-6W
Certificações	- ISO9001:2008 pela RINA - LNE Laboratoire National de Métrologie et d'Essais	ANVISA , RDC 59		-
Massa Específica (g/Cm³)	8,3g/cm³	8,0g/cm³		-
Coefficiente de expansão térmica (CET 25-500°C)	14x10 ⁻⁶ /°C	14x10 ⁻⁶ /°C		-
Dureza Vickers (HV 1000gF)	374HV	235HV		
Normas Atendidas	ISO10993-5 e ISO22674:2006	BS EN ISO22674:2006 ASTM F895-84:1984 ISO10993.5:1999 ISO10993.5.2009	ASTM F1537, UNS R31538 e UNS R31539	-

Tabela 1:
Especificações dos materiais analisados, segundo os fabricantes

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

➡ Métodos

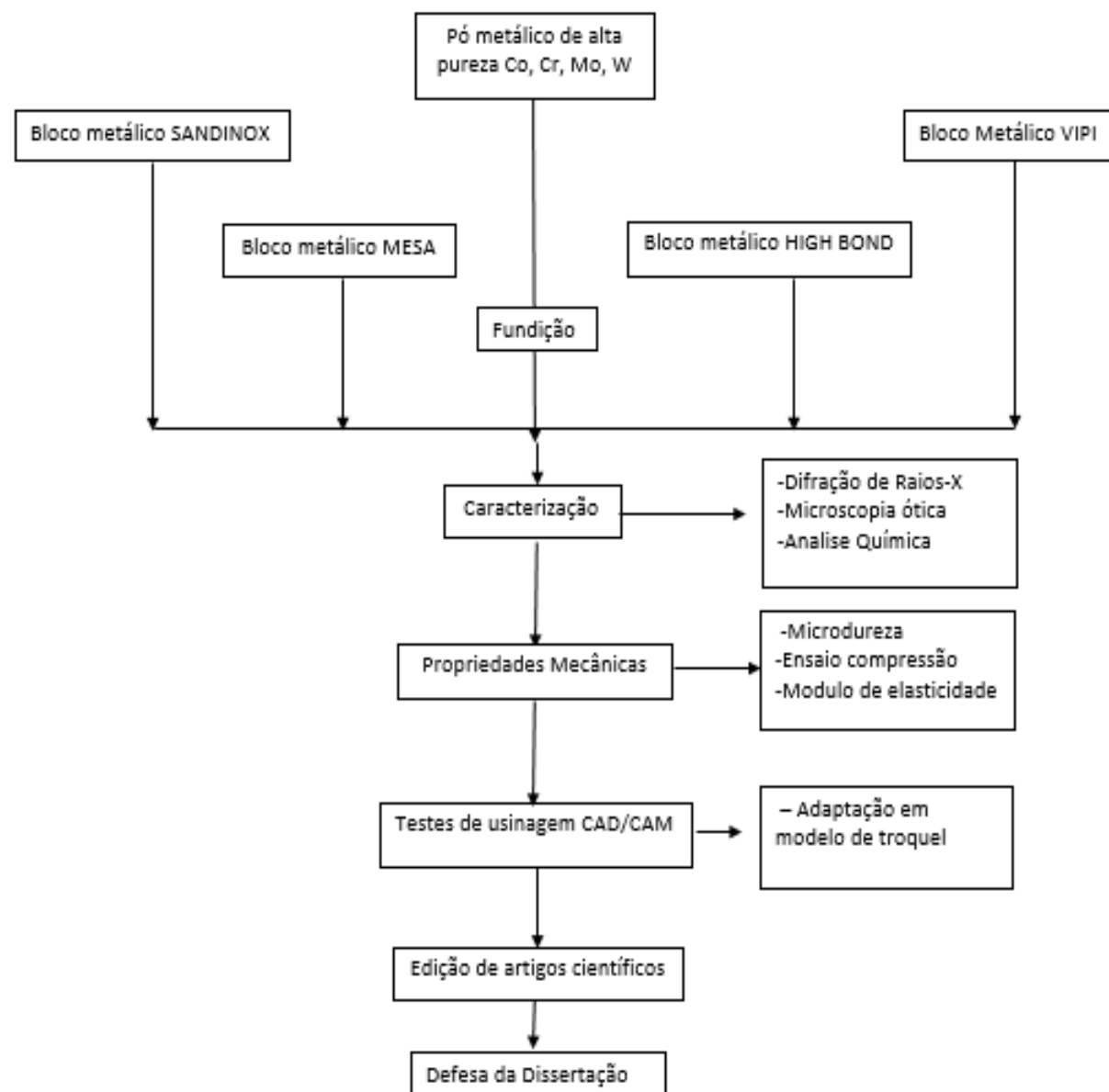


Figura 6: fluxograma desenvolvido neste trabalho

Procedimentos Experimentais

- Fabricação da Liga
 - Condições de sigilo
- Caracterização Química
 - Empresa açotecnica
- Caracterização Microestrutural
 - Preparação Metalográfica
 - Embutidas, Lixadas e Polidas



Figura 7: amostras embutidas neste trabalho

Procedimento Experimental

► Difração de Raios – x

- radiação Cu-K α - varredura 20 $^{\circ}$ e 80 $^{\circ}$ - angular de 0,05 $^{\circ}$ e velocidade de 5s / ponto de contagem
- Picos – Microfichas – JCPDS

Microscópio eletrônico de Varredura

- 20 Kv filamento de tungstênio
- EDS – concentrações de Co, Cr, Mo, W

Procedimento Experimental

- ▶ Caracterização Mecânica
 - ▶ Ensaio de compressão
 - ▶ Limite de escoamento e modulo de elasticidade
 - ▶ ASTM E8
 - ▶ Ensaio de Dureza
 - ▶ Carga de 100gF, 500gF, 1000gF - 30s – 20 medidas
 - ▶ ASTM E384- 10
 - ▶ Ensaio de Dilatometria
 - ▶ Coeficiente de expansão térmica
 - ▶ 25° a 1000°C a 20min Isotherma – Resfriada em T Ambiente

Procedimento Experimental

- ▶ Testes de usinagem CAD/CAM
 - ▶ Dois testes – um elemento e três elementos
 - ▶ Avaliar – trincas e fragilidades
 - ▶ Escaneamento – Software – digitalização do modelo – Fresadora



Figura 8: modelos de software CAD/CAM

Resultados e Discussões

➤ Análise Química

Amostras				
	SANDINOX	MESA	VIPI	Liga Desenvolvida
Elementos	Concentrações	Concentrações	Concentrações	Concentrações
Cr	29,46%	29,16%	29,70%	24,41%
Co	59,52%	62,84%	61,58%	60,64%
W	9,56%	-	7,52%	7,66%
Mo	-	5,37%	-	5,72%
Al	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%
Si	1,24%	1,29%	1,13%	1,31%
P	0,01%	-	0,03%	-
Fe	-	0,59%	-	0,21%
Nb	0,18%	0,04%	-	-
Ni	-	0,69%	-	-
Total	100%	100%	100%	100%

Tabela 2: Resultados da análise química realizadas nas ligas dentais

Resultados e Discussões

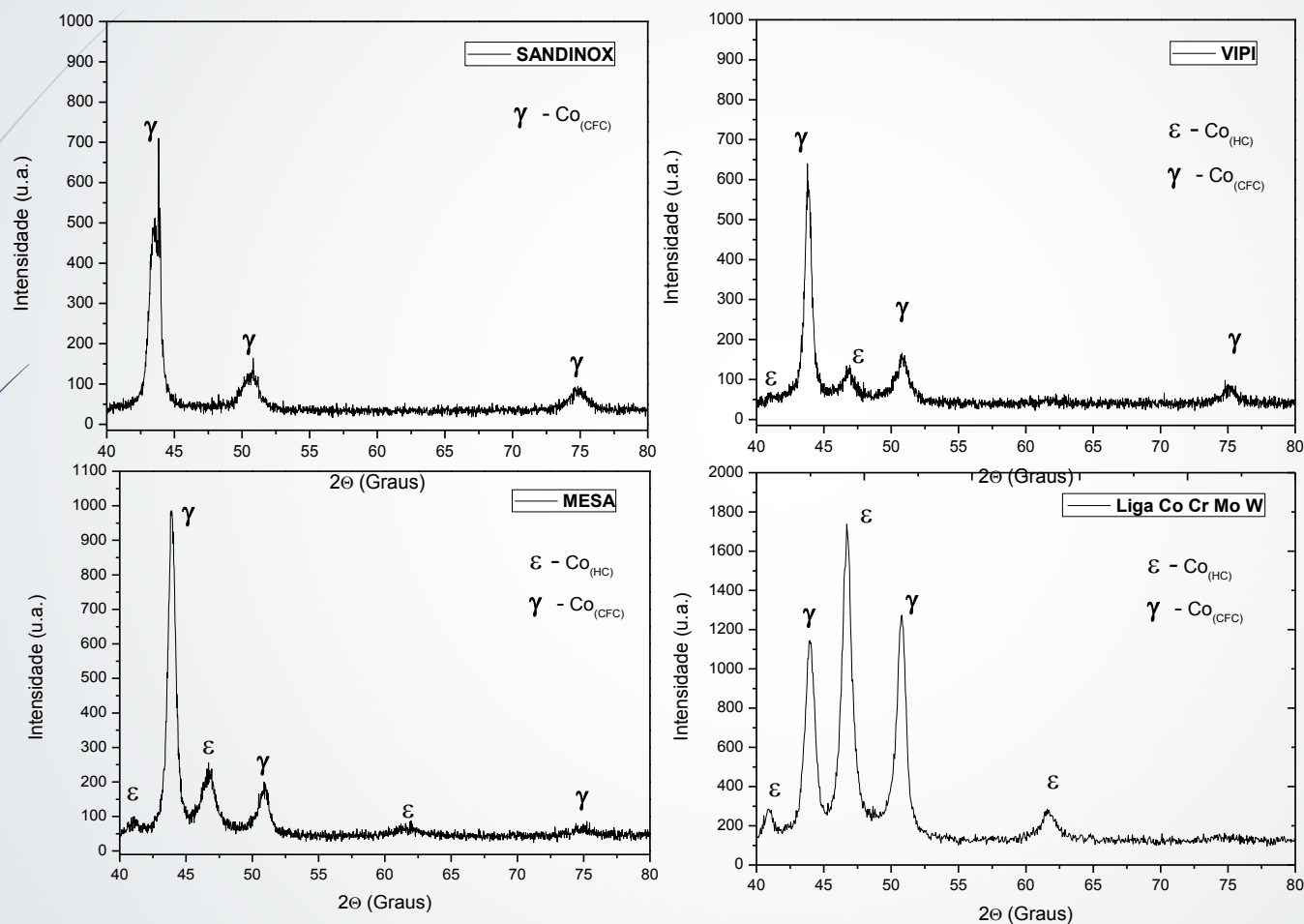


Figura 8 : Difratoograma das ligas comerciais MESA, SANDINOX ,VIPI e DESENVOLVIDA

Resultados e Discussões

➡ Microscopia Eletrônica de Varredura

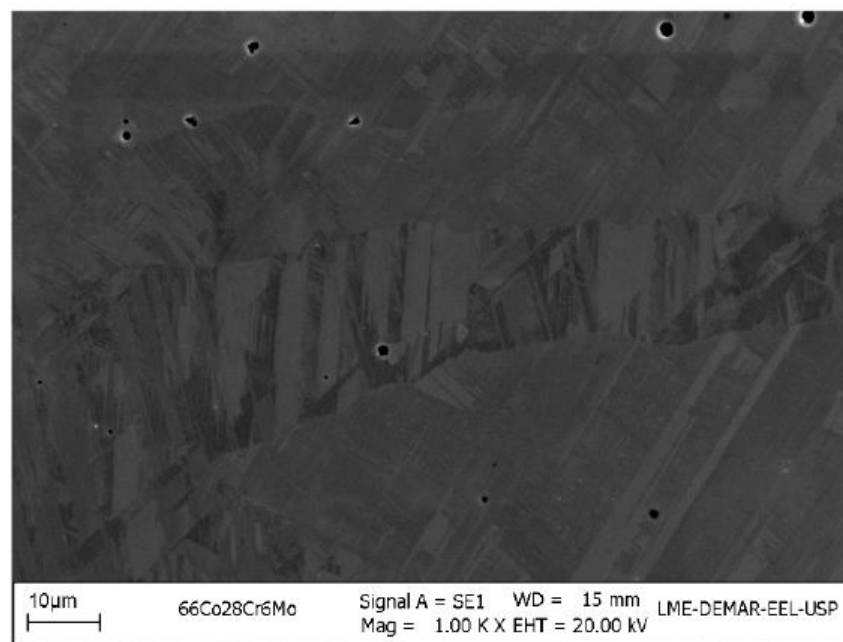


Figura 9– Micrografia obtida por MEV, representativa da microestrutura da liga Co-Cr-Mo-W

Resultados e Discussões

Dilatometria

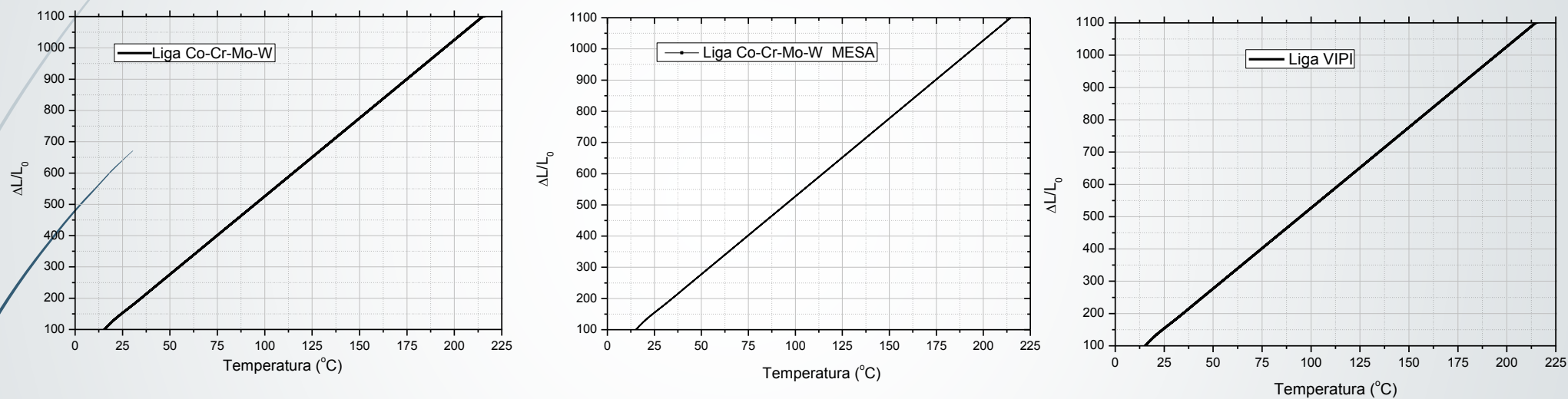


Figura 10. Resultados de Dilatometria da liga desenvolvida neste trabalho e de ligas comerciais.

Resultados e Discussões

► Coeficiente de expansão térmica

Liga Analisada	Coeficiente de expansão térmica (CET) ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)			
	$\alpha_{200-400^{\circ}\text{C}}$	$\alpha_{200-600^{\circ}\text{C}}$	$\alpha_{200-800^{\circ}\text{C}}$	$\alpha_{200-1000^{\circ}\text{C}}$
Desenvolvida	13,8	13,9	14,1	14,1
MESA	13,9	13,9	14,0	14,1
VIPI	13,8	13,9	13,9	14,0
SANDINOX	13,9	14,0	14,0	14,1

Tabela 3 – Coeficiente de expansão térmica das diferentes ligas metálicas analisadas, na faixa de temperaturas usuais para aplicação de cerâmica de recobrimento.

Resultados e Discussões

Propriedades Mecânicas

Liga Analisada	Propriedades mecânicas					
	Dureza Vickers			Dureza Rockwell C	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
	(HV _{100gF})	(HV _{500gF})	(HV _{1000Gf})			
Experimental	291,1 ± 36,4	302,2 ± 15,8	296,1 ± 12,3	29	1520MPa	211±3
MESA	267,4 ± 12,9	272 ± 25,0	265,6 ± 23,9	25	1514MPa	208±3
VIPI	279,8 ± 50,3	270,1 ± 50,7	292 ± 9,3	29	1515MPa	213±3
SANDINOX	283,5 ± 18,6	293,7 ± 18,7	280,2 ± 20,9	27	1317MPa	215±3
Referências						
ASTM F75	Ver Dureza Rockwell C			25 a 35		210
ASTM F1537				30 a 40		210

Tabela 4: Resultados propriedades mecânicas

Resultados e Discussões

Teste de usinagem



Figura 11– Fresagem de elementos metálicos realizado em bloco de Co-Cr-Mo-W desenvolvido neste trabalho.

Liga metálica	Tempo máximo de usinagem com conjunto de fresas	Número de elementos usados	Condições visuais de acabamento superficial/precisão
Liga Co-Cr-Mo-W	4h47min	5 CPs cilíndricos; 1 prótese de elementos; 1 prótese de 3 elementos	Bom/ excelente
MESA	5h15min	5 CPs cilíndricos; 1 prótese de elementos; 1 prótese de 3 elementos; 1 prótese 2 elementos	Bom/ excelente
VIPI	5h05min	5 CPs cilíndricos; 1 prótese de elementos; 1 prótese de 3 elementos; 1 prótese 2 elementos	Bom / excelente

Tabela 5 – Resultados preliminares de estudo de usinagem.

Viabilidade Econômica

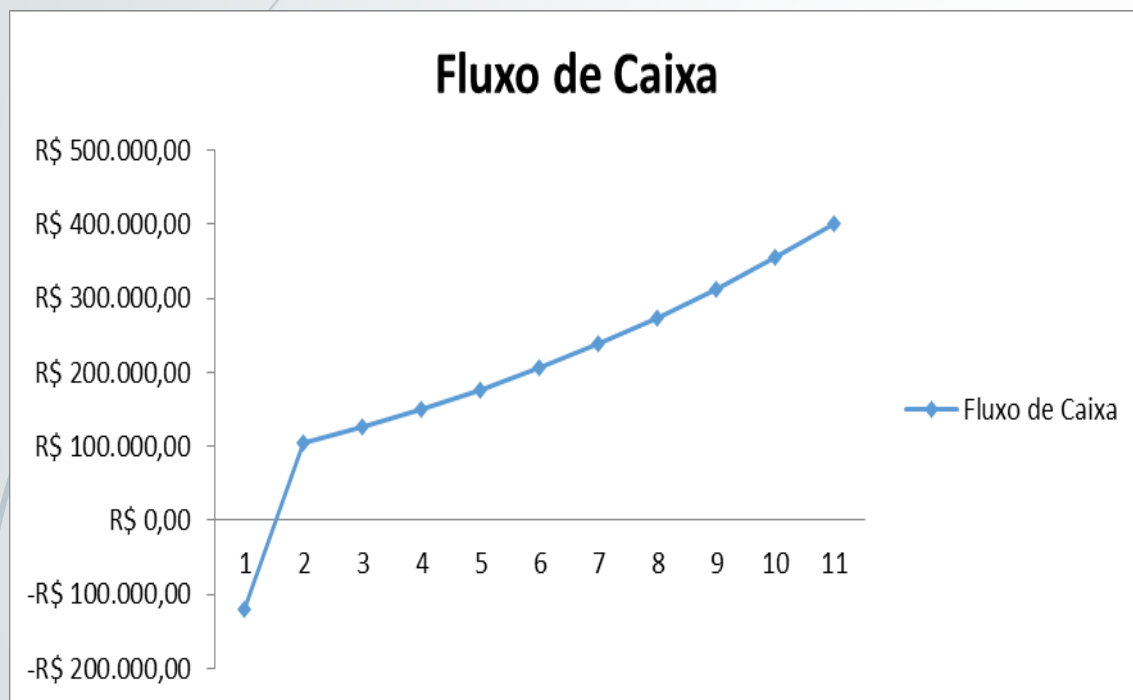


Figura 12- gráfico comparativo das receitas e dos custos baseado no fluxo de caixa. Desenvolvido neste trabalho.

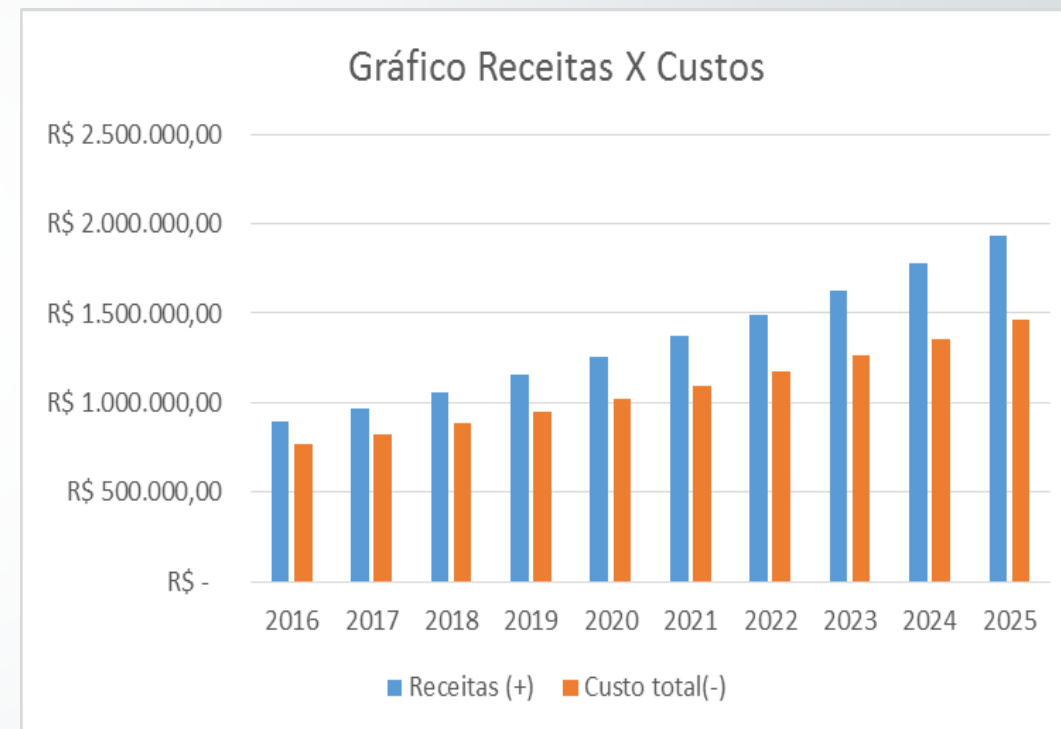


Figura 13- gráfico comparativo das receitas e dos custos baseado no fluxo de caixa. Desenvolvido neste trabalho.

Material final



Figura 14: bloco de Co-Cr-Mo-W desenvolvido neste trabalho com cortes da usinagem CAD/CAM.

CONCLUSÕES

- A partir da liga experimental, foram realizados resultados comparativos com as ligas comerciais MESA, VIPI e SANDINOX, afim de avaliar suas propriedades. As análises químicas identificaram que todas as amostras possuem sua base química com concentração de Cobalto superior a 59% e Cromo nas ligas comerciais superior a 29%, na liga experimental, como tem a presença do Molibdênio e tungstênio, apresentam menor concentração de Cromo, aproximadamente 24%.
- Pelos picos do difratograma confirmamos a predominância do Cobalto, onde apenas os picos deles são identificados em todos os casos, com base nos difratogramas, foi possível realizar os cálculos de distância interplanar, sendo possível confirmar a formação de fase sólida pelos demais elementos Cromo, Molibdênio e Tungstênio, onde concluímos que quanto maior a concentração de soluto maior a distância interplanar. Foi constatado também que os materiais da MESA e o desenvolvido neste trabalho possuem fase HC além da CFC, porém, o material da SANDINOX e VIPI tem maioria CFC, pois a adição de Cromo, molibdênio e tungstênio os tornam estáveis.
- A liga Co-Cr-Mo-W apresentou comportamento equivalente aos demais materiais analisados. Termicamente as ligas não são sensíveis a variação nas composições químicas, mantendo a média de $14,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, pois seus solutos são bem similares e estão em solução sólida. Esses materiais tiveram suas durezas entre 25 a 29 HRC e seu módulo de elasticidade 210GPa, ambas atendendo as normas para aplicação em próteses odontológicas.
- Seguente aos testes realizados, o material mostrou propriedades adequadas para aplicação desejada, os blocos foram usinados em máquinas CAD/CAM, tendo sua capacidade de usinabilidade considerada de boa a excelente, para diferentes geometrias.
- Com todas as restrições sendo atendidas, foi realizado um estudo de viabilidade econômica, no qual um fluxo de caixa mostrou que, com um investimento inicial de R\$ 60.000,00, mais um capital de giro de R\$60.000,00, diluídos em 10 anos, teremos um Payback a partir do segundo ano, com uma margem de lucro de 106%, com a venda de 150 discos por mês, o que representa apenas 5% do mercado nacional de próteses dentárias.
- Diante a todos os testes positivos e a viabilidade de comercialização, a liga com composição global de 64%Co-24%Cr-6%Mo-6%W foi considerada ideal para a aplicação odontológica em próteses e com a utilização do sistema metalocerâmico.