

## 1. Ligas de ouro tradicionais ou clássicas

As ligas de ouro tradicionais já estavam bem estudadas até o início da década de 30. Elas foram classificadas em 4 tipos em função da dureza, que por sua vez é função da composição (Tabela 3). Verifica-se pela composição que elas se enquadrariam entre as ligas altamente nobres (Tabela 1 e Tabela 2).

Essas ligas atualmente ainda podem encontrar indicação e o grande interesse é o estudo comparativo de ligas alternativas ou sucedâneas.

**Tabela 1–Classificação das ligas (American Dental Association – 1984)**

<b>Classificação</b>	<b>Condições</b>
Altamente nobre (AN)	Conteúdo de metal nobre $\geq 60\%$ (ouro, platina, paládio) e ouro $\geq 40\%$
Nobre (N)	Conteúdo de metal nobre $\geq 25\%*$ (ouro, platina, paládio)
Predominância de metais básicos (PMB)	Conteúdo de metal nobre $< 25\%$ (ouro, platina paládio)

\*Não há limite superior. É para acomodar conteúdo alto de metais nobres com menos de 40% de ouro.

**Tabela 2–Classificação das ligas para fundição odontológica em função da nobreza e indicação clínica**

<b>Tipo de metal</b>	<b>Fundições totalmente metálicas ou para metaloplásticas</b>	<b>Fundição para metalocerâmica</b>	<b>Infra-estrutura de próteses parciais removíveis</b>
<b>Altamente nobre (AN)</b>	Au, Ag, Cu, Zn, Pt, Pd	Au, Pt, Pd, Ag, (Sn, In, Fe)	Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Zn
<b>Nobres (N)</b>	Au, Ag, Cu, Zn	Au, Pd, Ag, Cu (Sn, In, Fe)	Ag, Pd, Au, Cu
<b>Predominantemente básicos (PMB)</b>	Ti(CP)*, (Ag-Sn-Cu- Zn), (Cu – Al), (a base de Ni-Cr e Co-Cr)	Ti, (CP)* Ti-Al-V Ni-Cr-Mo-Be Ni-Cr-Mo Co-Cr-Mo Co-Cr-W	Ti, (CP)* Ti-Al-V Ni-Cr-Mo-Be Ni-Cr-Mo Co-Cr-Mo Co-Cr-W

\* Ti(CP) – titânio comercialmente puro

**Tabela 3–Composição e propriedades de ligas de ouro tradicionais \***

Composição e propriedades		Tipos de liga de ouro tradicionais			
		I (Macia)	II (Média)	III (Dura)	IV (Extra dura)
Composição (%)	Au	87	78	75	68
	Ag	11	13	12	15
	Cu	3	7	10	14
	Pd	0	2	3	4
	Pt	0	0	2	3
	Zn	1	1	1	2
Dureza Vickers (kgf/mm <sup>2</sup> )**		80 -	101 -	A 138 E 230	A 144 E 260
Limite de proporcionalidade (MPa)* *		80 -	140 -	A 180 E 300	A 270 E 450
Alongamento (%)**		25 -	22 -	A 20 E 10	A 16 E 4
Contração de fundição (%)		1,56	1,44	1,42	1,40
Temperatura de fusão (°C)		930	900	900	870

\* Os valores constantes da tabela são médias aproximadas

\*\* A (amaciada); E (endurecida)

A presença do ouro em alto teor, juntamente com o paládio e a platina, devido à sua alta nobreza, são os responsáveis pela excelente resistência à corrosão e manchamento dessas ligas no meio bucal. O cobre abaixa a temperatura de fusão, porém sua principal função é a de tornar algumas ligas (tipos III e IV) passíveis de aumentar as propriedades mecânicas de resistência, mediante tratamento térmico endurecedor, conforme será visto adiante. Também o paládio e a platina aumentam a dureza e, dependendo das proporções, juntamente com o cobre, fazem endurecer a liga, mediante tratamento térmico endurecedor. A prata até certo conteúdo substitui o ouro (a um custo bem menor) e, segundo alguns autores, auxilia no aumento da dureza pela formação de precipitados com o cobre. O zinco evita que o cobre forme óxidos indesejáveis durante a fusão da liga, pois ele se oxida de preferência formando óxido sobrenadantes.

*Tratamento térmico* - O diagrama de constituição binário de Au-Cu mostra que acima de 450°C todas as composições são soluções sólidas substitucionais.

Entretanto com ouro entre cerca de 38 e 88% em peso, ocorrem no estado sólido transformações na estrutura cristalina abaixo de 450°C, até próximo da temperatura ambiente, dependendo da composição. Com ouro entre cerca de 65 a 88% forma-se uma super grade AuCu, responsável pelo endurecimento da liga, mediante o tratamento térmico endurecedor.

Antes de realizar o tratamento térmico endurecedor, idealmente, deve ser feito o amaciador ou homogeneizador. Consiste em manter a liga à temperatura de 700°C por 10 a 15 minutos e em seqüência resfriar em água. Este processo deixa a liga homogeneizada e em decorrência amaciada, e a estrutura cristalina é cúbica de face centrada e pode ser trabalhada a frio. O tratamento térmico endurecedor é realizado colocando a liga no forno a 450°C e abaixando a temperatura até 250°C em cerca de 30 minutos, ou seguir as instruções dos fabricantes. Durante esse resfriamento lento, é cruzada a temperatura crítica de ordenação dos átomos de ouro e cobre, formando-se a fase AuCu, essa fase é de estrutura tetragonal, que vai desempenhar o papel de trava dificultando o deslizamento dos planos de átomos, o que é responsável pelo aumento da dureza e resistência mecânica da liga. Por outro lado, o alongamento é diminuído. Para que se realize o endurecimento é necessária a presença de certa quantidade de cobre. Fato que explica porque as ligas do tipo III e IV endurecem mediante tratamento térmico endurecedor, já que apresentam maior conteúdo de cobre, quando comparadas com as do tipo I e II.

*Ligas microgranuladas* – As ligas de ouro tradicionais, e outras, podem ter a resistência mecânica aumentada, sem sacrificar o alongamento, quando nucleadas, apresentando grãos cristalinos bem menores ou estrutura microgranulada. A nucleação pode ser feita pela introdução de pequena

quantidade de um metal com temperatura de fusão bem alta, como, por exemplo, o irídio na proporção de 0,005%.

*Temperatura de fusão e contração de fundição* - As ligas áuricas tradicionais apresentam temperatura de fusão relativamente baixa, de cerca de 900°C. Podem ser fundidas com o emprego de fonte de calor comum como gás de butijão doméstico e ar comprimido. A contração de fundição é da ordem de 1,5%. Essas duas propriedades (contração e temperatura de fusão) permitem com que a fundição possa ser realizada com inclusão em revestimento aglutinado com o gesso, que nessas condições apresenta compatibilidade de expansão e resistência térmica.

*Indicação* – As ligas tradicionais servem para incrustações e coroas fundidas inteiriças, o que é pouco utilizado atualmente. Ainda podem ser empregadas em trabalhos metaloplásticos. As ligas do tipo I servem para blocos pequenos, onde a incidência dos esforços de mastigação seja mínima. A do tipo II já se destina a blocos maiores, devido à sua maior resistência. Estes dois tipos praticamente não são mais empregados, pois têm sido substituídos por materiais estéticos como as resinas compostas. A liga do tipo III é indicada para blocos grandes, coroas e próteses fixas. A liga tipo IV é indicada para infra-estrutura de prótese parcial removível. Atualmente no Brasil é substituída largamente pelas ligas a base de cobalto-cromo. Ainda a liga do tipo IV pode ser empregada para próteses fixas extensas.

*Permilagem e quilates* – O conteúdo de ouro de uma liga de ouro, também pode ser representado por permilagem (partes em mil). Assim uma liga com 80% de ouro teria permilagem 800. Outra forma de indicar o teor de ouro é quilate. O ouro puro corresponde a 24 quilates. Com 75% de ouro seria de 18 quilates. Contudo esta nomenclatura é mais adotada para as soldas, onde se

indica para que liga pode ser utilizada. Ou seja, se a solda for 18 quilates é indicada para liga de 18 quilates, não que a solda tenha 18 quilates.

## 2. Ligas com baixo conteúdo de ouro e a base de paládio (ligas de metais nobres)

O aumento do custo do ouro após a década de 70 levou os pesquisadores a elaborar ligas alternativas, em relação às tradicionais, com menor conteúdo desse elemento. Para compensar a diminuição de ouro era adicionado o paládio. Algumas são isentas de ouro, contendo, em compensação, maior conteúdo de paládio.

**Tabela 4–Composição de ligas nobres com baixo conteúdo de ouro ou a base de paládio**

Liga	Composição (%)				
	Au	Ag	Cu	Pd	Outros (In,Zn,Sn)
Tipo III (Baixo Au)	46	39	8	6	-
Tipo III (Baixo Au)*	40	44	5	8	-
Tipo III (Ag-Pd)	-	70	-	25	-
Tipo IV (Ag-Pd)	15	45	14	25	-

\* liga experimental (Departamento de Materiais Dentários da FOU SP).

A Tabela 4 apresenta a composição de algumas dessas ligas. Verifica-se que as de ouro, também apresentam quantidades razoáveis de paládio. Este apresenta peso atômico bem menor que o ouro. Assim, para massas iguais dos dois elementos, o paládio contém 1,85 vezes mais átomos que o ouro. Isto contribui em muito na resistência à corrosão, uma vez que estão presentes mais átomos de metais nobres. Também, parece que o paládio inibe a fácil corrosão que a prata apresenta no meio bucal.

Diferentemente das ligas de ouro tradicionais, nestas ligas (baixo conteúdo de Au) o endurecimento por tratamento térmico se dá as custas do paládio e cobre. Um grande número de ligas com cobre-paládio, dentro de certos intervalos de composição, apresentam, também, transformações no

estado sólido, que são as responsáveis pelo endurecimento.

**Tabela 5–Propriedades das ligas nobres com baixo conteúdo de ouro ou a base de paládio**

Propriedade	Tipo III (Baixo Au)	Tipo III (Baixo Au)*	Tipo III (Ag-Pd)	Tipo IV (Ag-Pd)
Temp. fusão final (°C)	916	980	1099	1021
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	12,8	12,5	10,6	11,3
Limite de escoamento (MPa)	A**	240	262	434
	E**	586	323	586
Dureza Vickers (kgf/mm <sup>2</sup> )	A**	138	143	180
	E**	231	154	270
Alongamento (%)	A**	30	10	10
	E**	13	8	6

\*Liga experimental (Departamento de Materiais Dentários da FOU SP)

\*\* A (amaciada); E (endurecida)

A Tabela 5 apresenta algumas propriedades das ligas com baixo conteúdo de ouro e a base de paládio. As temperaturas de fusão final das ligas com menos paládio ainda se encontram abaixo de 1000°C, o que permite que sejam fundidas com maçarico ar/gás comum, com relativa facilidade. Aquelas mais ricas em paládio fundem acima de 1000°C, o que já pode dificultar a fusão sem a substituição do ar comprimido por oxigênio. Essas ligas vistas não podem ser empregadas para metalocerâmica.

A contração de fundição não foi encontrada para todas as ligas. Entretanto a do Tipo III experimental apresenta 1,41%, o que mostra que poderia ser utilizada com revestimento comum aglutinado com gesso.

As ligas de ouro tradicionais apresentam uma densidade de 15 a 16g/cm<sup>3</sup>. Verifica-se que as de baixo conteúdo de ouro apresentam todas elas valores menores, principalmente aquelas com maior conteúdo de paládio. Essas menores densidades necessitam menor quantidade de liga em peso, o que, também resulta em menor custo.

Todas as ligas da Tabela 5 são passíveis de endurecer, mediante tratamento térmico endurecedor, que normalmente é feito semelhantemente ao

das ligas de ouro tradicionais. Verifica-se que com isto as propriedades de resistência mecânica aumentam (limite de escoamento, de proporcionalidade e a dureza), enquanto que o alongamento diminui.

As propriedades dessas ligas mostram que elas podem ser empregadas como alternativas, ou mesmo substitutivas, no lugar das ligas áuricas tradicionais tipos III e IV, para próteses fixas. Servem para blocos inteiriços de metal ou para metaloplástica. A do tipo IV, também, pode ser utilizada para infra-estrutura de próteses parciais removíveis. O que, no entanto, não deve ocorrer com muita freqüência, pelo menos no Brasil, por duas razões: custo relativamente alto, por conter quantidades razoáveis de metais nobres, e também porque as ligas de cobalto-cromo, conforme será visto adiante, são alternativas bastante satisfatórias.