

MATERIAIS DE MOLDAGEM - ENSINO TEÓRICO E PRÁTICO NA  
ESCOLA TÉCNICA TUPY

O presente trabalho oferece uma visão da metodologia do ensino, na área de Areias e Materiais de Moldagem, aplicada no curso de Metalurgia da Escola Técnica / Tupy. Os autores demonstram as diversas fases seguidas para obter-se um rendimento ótimo, no ensino teórico e prático, dos materiais usados, bem como sua aplicação em modernas técnicas de moldagem. Apresentam também a interação existente entre as atividades exercidas pelos educandos no Laboratório de Areias, Moldagem e Macharia.

AUTORES:

Eng<sup>o</sup> Jacob Friedrich Reimer - Membro da ABM - Engenheiro Metalurgista. Assessor Técnico da Diretoria da Escola Técnica Tupy - Joinville - SC.

José Maria Melim - Membro da ABM - Técnico Metalurgista - Coordenador do Curso de Metalurgia da Escola Técnica Tupy - Joinville - SC.

Ademir da Cunha - Membro da ABM - Técnico Metalurgista - Professor da Cadeira de Tecnologia Metalúrgica da Escola Técnica Tupy - Joinville-SC.

1 - INTRODUÇÃO

A ESCOLA TÉCNICA TUPY, fundada em 09 de março de 1959, por iniciativa da FUNDIÇÃO TUPY S/A., tem por finalidade precípua a formação de mão de obra especializada nos ramos de mecânica e metalurgia. A figura 1 apresenta uma vista aérea / das instalações da Escola Técnica Tupy.

A Escola mantém, além dos cursos técnicos, de nível médio, de Mecânica e Metalurgia, cursos de Habilitação Profissional, cursos Intensivos de Treinamento de Adultos e cursos de Iniciação Profissional, bem como desenvolve pesquisas tecnológicas na área de ferros fundidos, realiza ensaios e análises para terceiros e elabora manuais técnicos.

O ensino teórico e prático sobre materiais de moldagem é feito dentro do curso técnico de metalurgia, o qual é voltado para a formação de técnicos especializados em fundição. A especialização em fundição deve-se ao fato de estar a Escola, situada numa região geo-econômica onde a indústria de fundição representa considerável parcela na economia regional.

O currículo do curso de metalurgia é apresentado no quadro 1 e 2, e se compõe de disciplinas de formação humanística geral e de formação específica ou seja de formação profissionalizante.

Das disciplinas profissionalizantes grande parcela é dedicada ao estudo teórico e prático das Areias e Materiais de Moldagem, dada a sua importância no processo de conformação por fundição.

## 2 - ENSINO DE AREIAS E MATERIAIS DE MOLDAGEM

Da análise dos quadros 1 e 2 pode-se notar, que de um total de 1280 horas-aulas-teóricas, do núcleo profissionalizante, 160 horas-aula (12,5%) destinam-se ao estudo de Areias e Materiais de Moldagem, que é feito dentro das disciplinas Tecnologia Metalúrgica e Instalações, Máquinas e Aparelhos. Em Tecnologia Metalúrgica, ensina-se Areias e Materiais de Moldagem propriamente dito e na última dá-se ênfase ao comportamento dos materiais de moldagem, quer seja na fase de preparação ou no seu emprego para a confecção de moldes e machos. Além disso, na disciplina de Prática de Laboratório e Oficinas, de um total de 928 horas/aula, 312 destinam-se ao desenvolvimento de trabalhos experimentais ligados a Areias e Materiais de Moldagem.

Na 1ª série, o ensino de Areias e Materiais de Moldagem visa familiarizar o aluno com a nomenclatura, conceitos básicos e normas técnicas. O aluno aprende a identificar os processos de moldagem, as matérias primas e os defeitos decorrentes. No segundo ano, o estudo é aprofundado, quando então são estudados, exaustivamente, os processos de moldagem, conforme relacionado no quadro 3. Estuda-se cada processo sob amplos aspectos, tais como: exequibilidade técnica e econômica, especificação das matérias primas, propriedades específicas como: resistência à compressão à verde, e a seco, permeabilidade, sinterização; correlacionamento de propriedades / cpm defeitos de fundição, etc. Na terceira série não são mais estudados os materiais de moldagem sob o ponto de vista teórico, mas somente dentro das atividades práticas de Laboratório.

Quadro nº 1

37

## CURSO TÉCNICO DE METALURGIA - DIURNO

CURRÍCULO-LEI 5692 - 1972

	DISCIPLINAS	SEMESTRES						TOTAL	SUB - TOTAL
		1º	2º	3º	4º	5º	6º		
COMUNICAÇÃO E EXPRESSION	001- Língua e Literatura Portuguesa	3	3	2	2	2	2	224	1632
	002- Língua estrangeira: Inglês ou Alemão	2	2	2	2	-	-	128	
	003- Educação Artística								
ESTUDOS SOCIAIS	004- Geografia	1	1	-	-	-	-	32	
	005- História	1	1	-	-	-	-	32	
	006- Educação Moral e Cívica	2	2	-	-	-	-	64	
	007- Organização Social e Política do Brasil	-	-	1	1	-	-	32	
	008- Organização e Normas - Saúde e Segurança	-	-	-	-	2	2	64	
CIÊNCIAS GERAIS	009- Matemática	4	4	4	4	2	2	320	
	010- Física	4	4	4	4	-	-	256	
	011- Química e Biologia	4	4	5	5	-	-	288	
	012- Educação Física	2	2	2	2	2	2	192	
HABILITAÇÃO PROFISSIONAL	213- Mecânica Técnica	-	-	3	3	-	-	96	
	214- Resistência dos Materiais	-	-	-	-	2	2	64	
	215- Desenho	4	4	4	4	4	4	384	
	216- Metalurgia: Tecnologia Metalúrgica Tecnologia Mecânica Instalações - Máquinas e Aparelhos Fornos de Fundição	4	-	3	3	-	-	160	
		-	4	-	-	-	-	64	
		-	-	-	-	2	2	64	
		-	-	-	-	3	3	96	
	217- Beneficiamento e Metalurgia Extrativa	-	-	-	-	4	4	128	
	218- Metalurgia Física e Conformação	-	-	-	-	5	5	160	
	219- Eletricidade	-	-	-	-	2	2	64	
220- Prática de Oficina e de Laboratório	9	9	10	10	10	10	928		
TOTAL	40	40	40	40	40	40	3840	3840	
221- PRÁTICA PROFISSIONAL 7º e 8º SEMESTRES							1200	1200	
TOTAL GERAL							5040	5040	

Quadro 3

## TECNOLOGIA METALÚRGICA (AREIAS E MATERIAIS DE MOLDAGEM)

TÍTULOS	ASSUNTOS
PROPRIEDADES	Permeabilidade, refratariedade, fluxibilidade, resistência à compressão a verde e a seco, resistência à flexão, resistência ao peso próprio, tração, cisalhamento, umidade; argila A.F.S.; deformação, etc.
AREIA BASE	areia natural, semi-sintética, sintética, de sílica, de zirconita, de olivina, de cromita, de chamote.
AGLOMERANTES	argilas, bentonitas, cimentos, resinas, óleos, colas, gomas.
ADITIVOS	pó de carvão, pó de madeira, dextrina de milho, resinas, óxido de ferro, flor de enxôfre, alcatrão, granalhas, isopor.
TINTAS DE FUNDIÇÃO	tintas refratárias, tintas à base de sílica, zirconita, magnesita, grafita, dextrina de milho, tintas inflamáveis à base de resinas, tintas à base de pós metálicos, etc.
PROCESSOS DE MOLDAGEM	processo areia verde, estufada, CO <sub>2</sub> , Nishiyama, areia fluida, areia cimento, em casca, cura a frio, cera perdida, modelo perdido.
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE MACHOS	processo a óleo, caixa quente, caixa fria, CO <sub>2</sub> em casca, etc...

Para consolidar o estudo sobre materiais de moldagem os alunos realizam constantemente pesquisas bibliográficas em livros e revistas técnicas.

Ensino Prático: O ensino de areias e materiais de moldagem é complementado por atividades práticas em laboratórios e oficinas, e cuja carga horária anual é apresentada no quadro 4. Pode-se observar que no primeiro ano as aulas práticas referentes ao estudo do assunto em análise, perfazem 29% de um total de 288 horas-aula, na segun-

da série 50% de 320 e na terceira 25% de 320. No cômputo global das atividades práticas, como já referido anteriormente, de um total de 928 horas, 312 são destinadas à prática, na área de materiais de moldagem, o que corresponde a 33%, ou seja, um terço de toda atividade prática.

As atividades nesta parte resumem-se, na 1ª série, à familiarização do educando com os equipamentos e instrumentais e à realização dos ensaios de rotina, tais como: granulometria, umidade, voláteis, resistência à compressão/a verde e a seco, etc. Já na 2ª série, as práticas são dirigidas no sentido de se estudar o correlacionamento de variáveis e propriedades das areias e materiais de moldagem, bem como o estudo específico de defeitos com origem nas areias de fundição. Podem-se citar como experiências típicas: quantidade de aglomerante x fluxibilidade; teor de água x RCV (aglomerantes diversos); ação de aditivos sobre defeitos de fundição; quantidade de aglomerantes x tempos de cura, etc. As fotografias 2 e 3 mostram alguns alunos em plena atividade prática.

Na 3ª série, o aluno realiza atividades práticas na área de materiais de moldagem, somente no Laboratório de Areias, pois nesta fase procura-se consolidar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e práticas da 1ª e 2ª séries. Os trabalhos realizados englobam o planejamento, execução e confecção de relatório, sobre temas, tais como, relacionados abaixo:

- estudo comparativo entre óleo de linhaça e óleo de tungue para a fabricação de machos, ver anexo 2.
- influência do cimento no processo CO<sub>2</sub>
- influência do pó de madeira em vários processos
- estudo comparativo entre diversas resinas para o processo caixa quente.
- processo Nishiyama, tempo de cura e colapsibilidade
- estudo comparativo entre bentonitas de procedência diversa.
- estudo comparativo entre colapsantes, etc.

Para a realização das atividades experimentais referidas acima dispõe-se de um amplo Laboratório de Areias, bem como instalações de preparação de areia, confecção de machos e moldes. O anexo 1 apresenta uma relação de equipamentos disponíveis, nesses setores.

Por outro lado, os alunos têm oportunidade de estar em contacto com os avanços tecnológicos, tanto em produtos, como técnicas de moldagem, pois, graças à diretriz imprimida no ensino das areias e materiais de moldagem, periô-

dicamente empresas fabricantes de produtos de fundição enviam amostras de seus produtos, para que os mesmos sirvam de objeto de estudo por parte dos alunos.

#### 4 - CONCLUSÃO

Acredita-se que pela metodologia seguida no ensino de areias e materiais de moldagem na ETT e pelas facilidades experimentais colocadas à disposição dos alunos, estes tenham condições de executar plenamente, na vida profissional, / as tarefas técnicas ligadas a esse importante setor, bem como absorver, adaptar e desenvolver as novas tecnologias dessa área.

RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

1. EQUIPAMENTO DE MOLDAGEM

- 2 Máquinas de moldar impacto-compressão Zimmermann - mesa 250 x 300.
- 1 Máquina de moldar impacto-compressão Wagner - mesa 600 x 500.
- Misturador, tipo Galga - 120 litros.
- Misturador - Mulbaro - 100 kg.
- Máquina centrifugadora de areia - aerador.
- Máquina de moldar - Osborn

2. EQUIPAMENTO DE MACHARIA

- Máquina para atirar machos em caixas frias, tipo H2,5.
- Máquina para atirar machos e endurecer machos em caixas quentes, H2,5 - S - modelo pedestal.
- Estufa para secagem de machos e moldes - Heraeus - com circulação forçada - 300°C.
- Misturador de areia para machos - capacidade 60 litros.

3. EQUIPAMENTOS DO LABORATÓRIO DE AREIAS

- Aparelho de laboratório para determinação do teor de umidade.
- Aparelho para medir resistência ao próprio peso.
- 2 Permeâmetros.
- 2 Aparelhos de resistência universais.
- 2 Marteletoes para preparação do corpos de prova.
- Acessórios para testes de resistência de alta pressão.
- Balança Rhewa para 10 kg.
- Agitador de peneiras com vibrador - modelo PSA-1020.
- 1 Conjunto de peneiras para agitador.
- Agitador rápido para determinação de argila.
- 2 Aparelhos Enslin - para determinação do número de Enslin.
- Balança elétrica Bosch
- Balança Sauter

8.

Microscópio estereoscópico

1 Estufa para secagem de corpos de prova - Heraeus

Mufla MR 170 - Heraeus

Aparelho para determinação de gases.

Balança Rhewa - 25 kg.

Misturador de laboratório - tipo Simpson - Mix-Muller - 5 kg.

Moinho pulverizador - Ratsch Mühle.



Anexo 2

TRABALHO PRÁTICO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS ÓLEOS DE LINHAÇA E DE TUNGUE - Realiza do no Laboratório de Areias da Escola Técnica Tupy, pelos alunos José A. de Oliveira e Milton P. de Borba do 3º ano do curso de Me talurgia.

1. OBJETIVO: Estudar as variáveis resistência à tração e resistência à flexão de corpos de prova padrões, usando-se como aditivo o óleo de linhaça e o óleo de tungue.

2. EQUIPAMENTOS USADOS:

- misturador Simpson - Mix-Müller - 5 kg
- estufa Heraeus - 300°C
- martetele G.F. e assessórios
- máquina universal resistência G.F. e assessórios
- balança G.F. - 0,1 g (1 kg)

3. MATÉRIAS PRIMAS:

Areia Paranaguamirim - MF 80	60%
Areia Rainha - MF 50	40%
Bentonita sódica (União Nordeste)	1,5%
Bentonita cálcica (União Nordeste)	0,7%
Mogul (Refinações de Milho Brasil)	1,5%
Pó de madeira	1,0%
Água	2,5%
Óleo: linhaça ou tungue	2,5%

4. PROCEDIMENTO: A mistura dos componentes da areia foi realizada da maneira abaixo:

areia + aditivos secos ....	2 min
óleo (linhaça ou tungue)...	2 min
água .....	<u>3 min</u>
<u>TOTAL CICLO</u>	7 min

Para ambos os tipos de óleo foram efetuados ensaios de tração e de flexão, cada ensaio foi efetuado em dois corpos de prova.

- Pêso corpo de prova verde-tração - 75 g areia
- flexão - 135 g areia

5. EXECUÇÃO: Temperatura: constante x Tempo de cura: variável

quantidade de óleo = cte = 2,5%

temperatura de cura = cte = 240°C

RT = resistência à tração - kgf/cm<sup>2</sup>

RF = resistência à flexão - kgf/cm<sup>2</sup>

5.1 - DADOS OBTIDOS:

TEMPO	LINHAÇA		TUNGUE	
	RT	RF	RT	RF
30 min	0,47	1,0	1,8	1,0
45 min	1,63	4,0	1,6	3,5
60 min	1,93	5,0	1,7	2,5
75 min	2,60	7,0	1,5	2,5
90 min	2,05	10,0	2,5	6,0
105 min	2,20	8,8	2,7	4,5

5.2 - GRÁFICO RESULTANTE - Figs. 4 e 5

5.3 - CONCLUSÕES

5.3.1 - Gráfico - Resistência à tração x tempo de cura - T°C = 240 - Fig.1

Para tempos de cura curtos e longos o óleo de linhaça apresenta válores superiores aos de tungue. Para tempos médios de cura o valor da resistência à tração é melhor para o óleo de tungue.

5.3.2 - Gráfico - resistência à flexão x tempo de cura - T°C = 240 - Fig.2

Observa-se que os valores para o óleo de linhaça são sempre superiores àqueles do óleo de tungue.

6. EXECUÇÃO: Tempo de cura constante x Temperatura de cura: variável

quantidade de óleo = cte = 2,5%

tempo de cura = cte = 1,5 horas

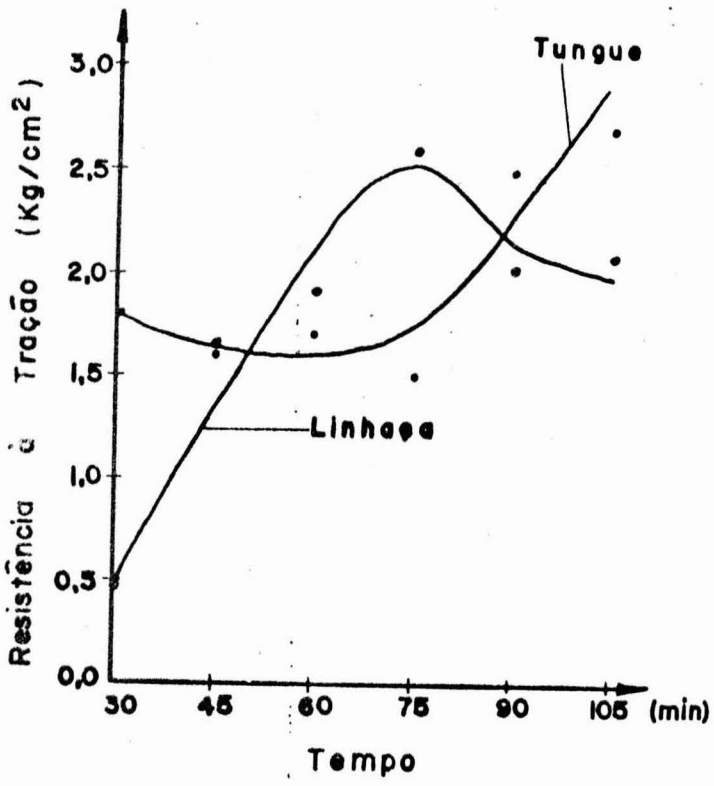


Fig. 4

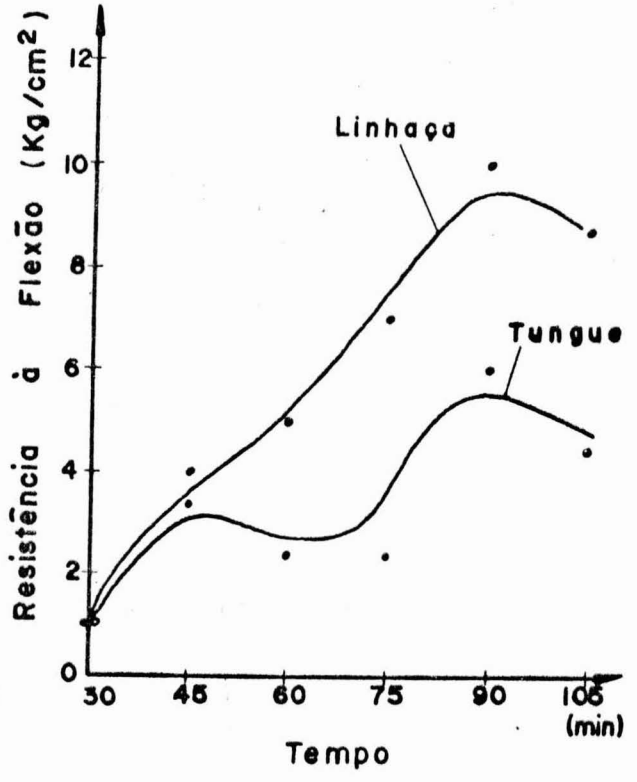


Fig. 5

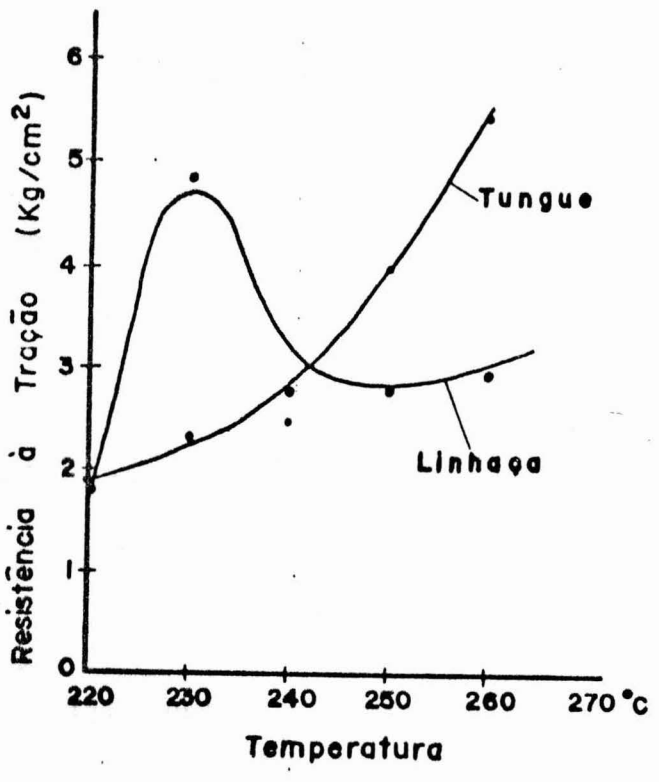


Fig. 6

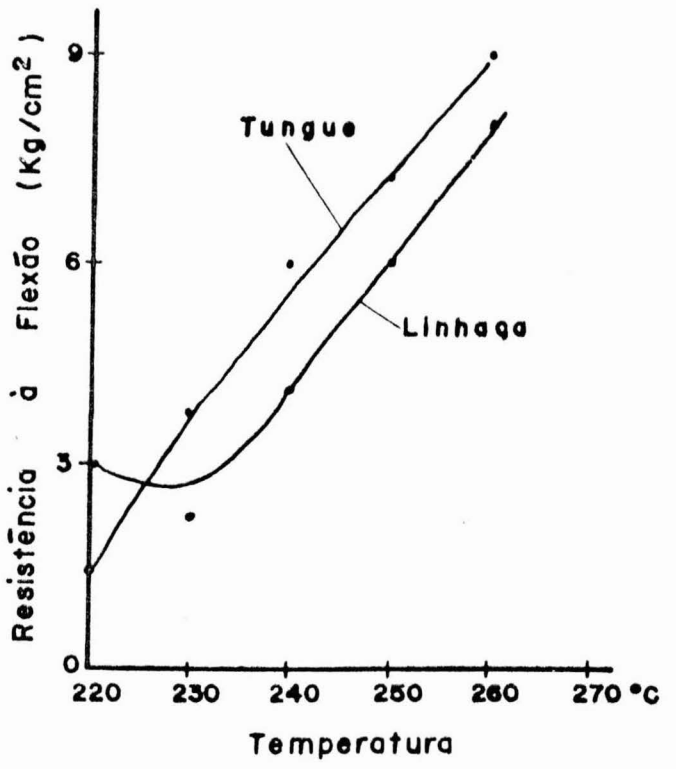
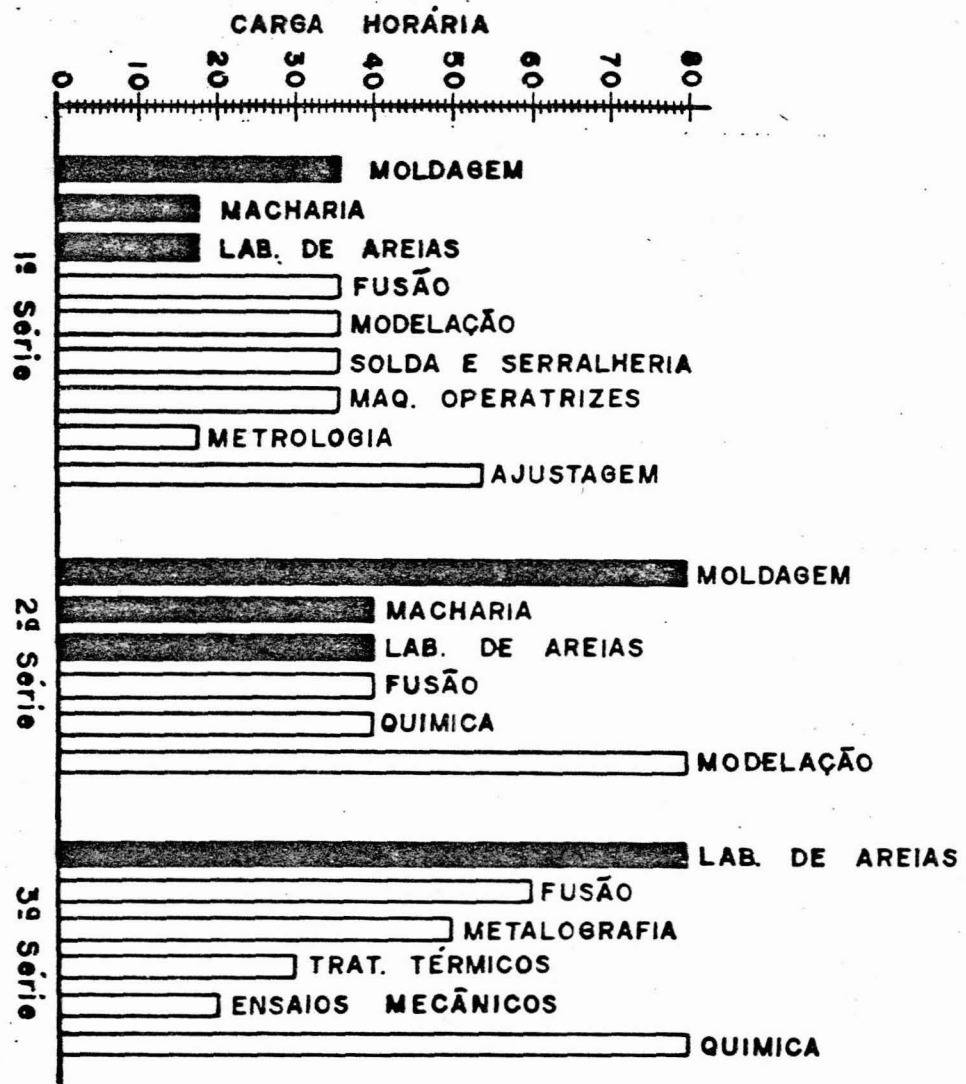
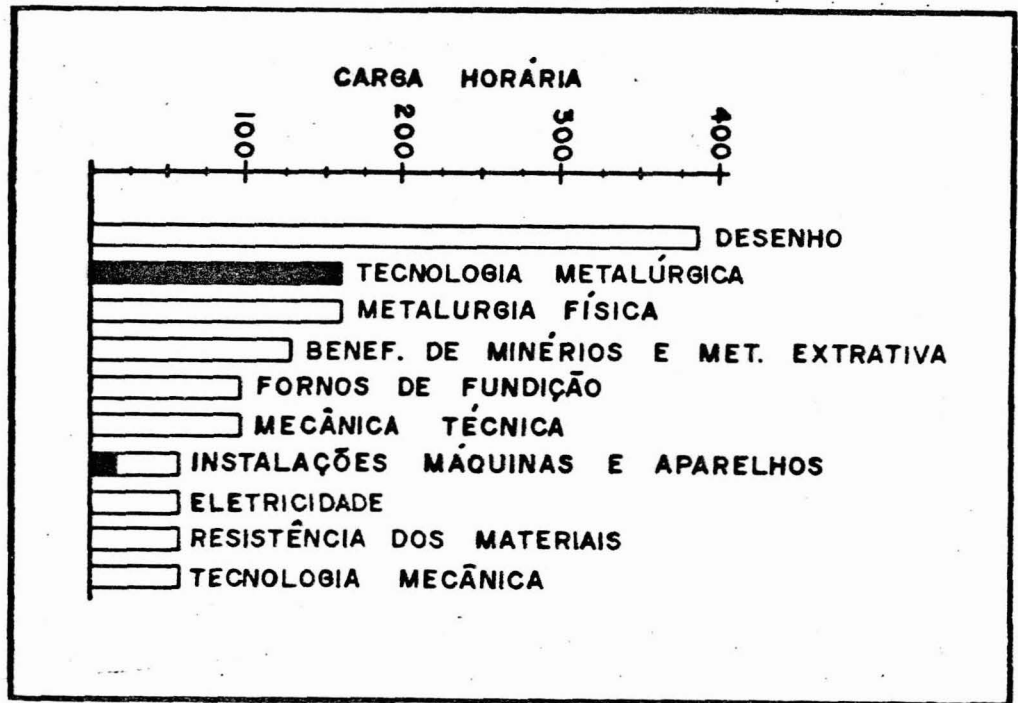


Fig. 7

Quadro - 4



Quadro - 2



### 6.1 - DADOS OBTIDOS

TEMPERATURA	LINHAÇA		TUNGUE	
	RT	RF	RT	RF
220°C	1,8	3,0	1,9	1,5
230°C	4,8	2,0	2,3	3,5
240°C	2,7	4,0	2,5	6,0
250°C	2,7	6,0	4,0	7,0
260°C	2,9	8,0	5,5	9,0

### 6.2 - GRÁFICO RESULTANTE - Figs. 6 e 7

### 6.3 - CONCLUSÕES

6.3.1 - Resistência à tração x temperatura com tempo constante - Fig.3

Os valores para o óleo de tungue são crescentes em função da temperatura, ao passo que a resistência à tração, para o óleo de linhaça, passa por um máximo em torno de 230°C.

6.3.2 - Resistência à flexão x temperatura com tempo constante - Fig.4

Os valores para o óleo de tungue são ligeiramente superiores / aos do óleo de linhaça, a resistência à flexão é crescente com a temperatura de cura, em ambos os casos.

LEGENDAS REFERENTES ÀS FIGURAS

Fig. 1 - Escola Técnica Tupy - Vista aérea

Fig. 2 - Laboratório de Areias - Aula prática

Fig. 3 - Macharia - Aula prática

Fig. 4 - Gráfico Resistência à tração x tempo de cura

Fig. 5 - Gráfico Resistência à flexão x tempo de cura

Fig. 6 - Gráfico Resistência à tração x temperatura

Fig. 7 - Gráfico Resistência à flexão x temperatura

Quadro 2 - Carga horária das disciplinas teóricas

Quadro 3 - Tecnologia Metalúrgica - Areias e materiais de moldagem

Quadro 4 - Carga horária da prática profissional.