

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Planejamento e controle de produção de gargantas de tubeira

Bolsista: Mariana Tiyaki Siqueira Kobayashi

Orientador(a): Luiz Claudio Pardini

Período a que se refere o relatório: agosto de 2013 a julho de 2014.

Resumo

Os materiais utilizados no processo de fabricação da Garganta de tubeiras de foguete foram: Vareta Fibra de Carbono, Piche e Resina. Como principal ferramenta de trabalho utilizou-se a planilha do Excel, foram feitas cronogramas e tabelas de como seria a fabricação da preforma da garganta de tubeira, desde as etapas de Impregnação, Carbonização e Grafitação e qual a duração de cada tipo de processo. Também foram calculados os custos com Mão de obra, Engenheiro, Técnico, Auxiliar; Quantidade de trabalhadores, salários, horas extra e adicional noturno e energia elétrica consumida no processo.

Todos os custos envolvidos no processo de fabricação da garganta de tubeira foram levantados e calculados anualmente.

1. Introdução

A finalidade do presente trabalho é abordar inicialmente os custos envolvidos no processo de fabricação de gargantas de tubeiras, considerando a mão-de-obra, matéria-prima, custos com energia elétrica e custos com processos de Impregnação, Carbonização e Grafitação. O ponto de partida para fabricação de uma garganta de tubeira de foguete é a arquitetura de fibras (preforma), obtida por meio de varetas unidirecionais de fibra de carbono e piche.

Portanto, o objetivo deste trabalho é, inicialmente, avaliar a viabilidade e custos envolvidos no processo de fabricação das gargantas de tubeiras, customizar o processo e operação, matéria-prima e operadores envolvidos.

2. Material e métodos

Para a fabricação das gargantas de tubeiras foram usados, Varetas de Fibra de Carbono e Piche. Para cálculo da massa da preforma da garganta foi considerada a geometria mostrada a seguir, considerando uma massa específica do produto final de $1,85 \text{ g/cm}^3$.

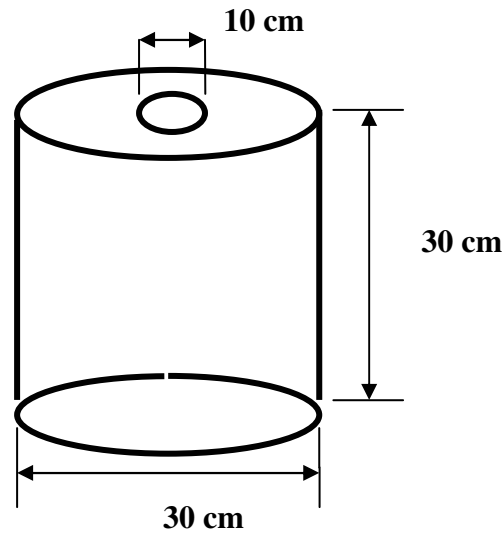


Fig.1. Preforma garganta tubeira.

O volume da peça pode ser calculado como a seguir:

$$V1 = \pi R^2 h = \pi (15)^2 \times 30 = 21206 \text{ cm}^3$$

$$V2 = \pi R^2 h = \pi (5)^2 \times 30 = 2356 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{Total}} = 21206 + 2356 = 18850 \text{ cm}^3$$

Considerando a massa específica do produto, calcula-se a massa total.

$$M = \mu \times vt = 1,85 \times 18850 = 34,872 \approx 35 \text{ Kg}$$

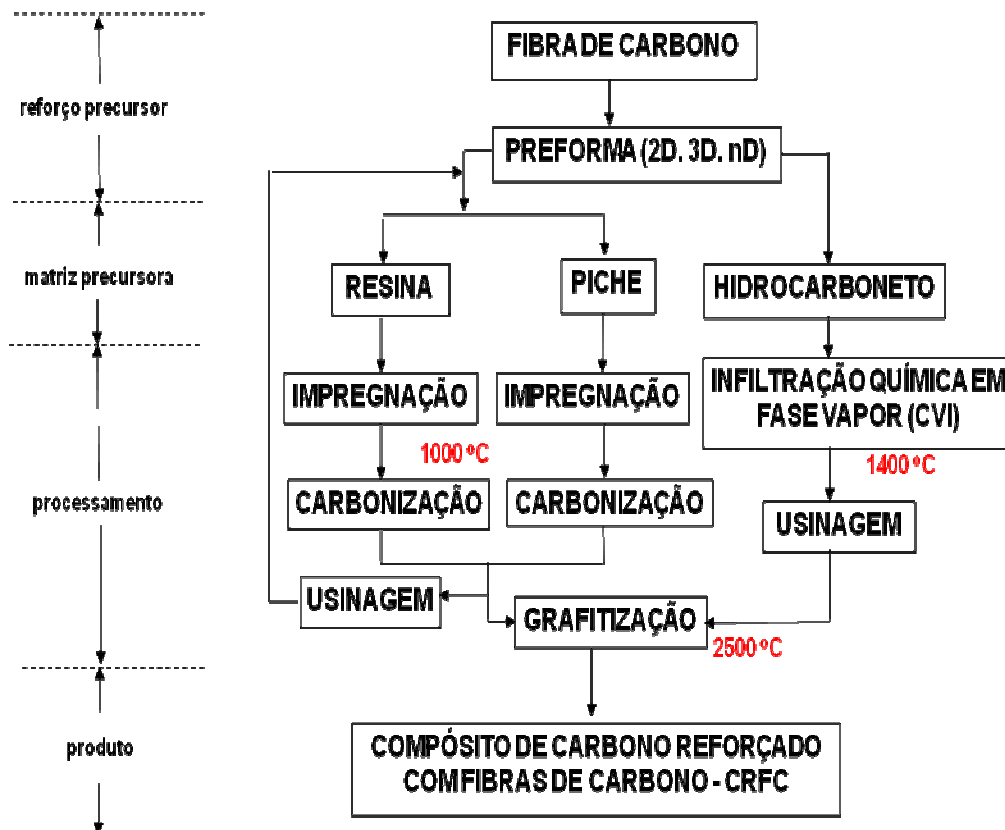
Compósito CRFC

Os compósitos CRFC são formados pela utilização de fibras de carbono e matrizes carbonosas, estas formadas essencialmente pelo elemento carbono. Neste trabalho utilizaremos materiais oriundas de piche e resina para obtenção de gargantas de tubeira.

Obedecendo ao critério da manufatura do compósito CRFC.

O Diagrama Esquemático a seguir, mostra os tipos de processo pra obtenção do Compósito Carbono Reforçado com Fibras de Carbono.

O PROCESSO PARA COMPÓSITOS CRFC (Carbono/Carbono)



A seguir são apresentadas figuras da formação da Preforma para obtenção da garganta de tubeira.

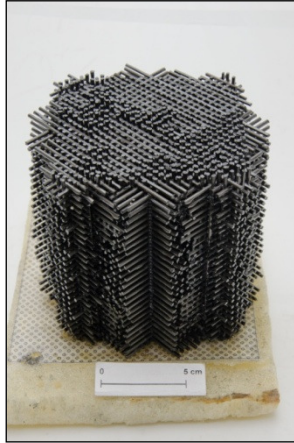


Figura 2.1 - Preformas multidirecionais.

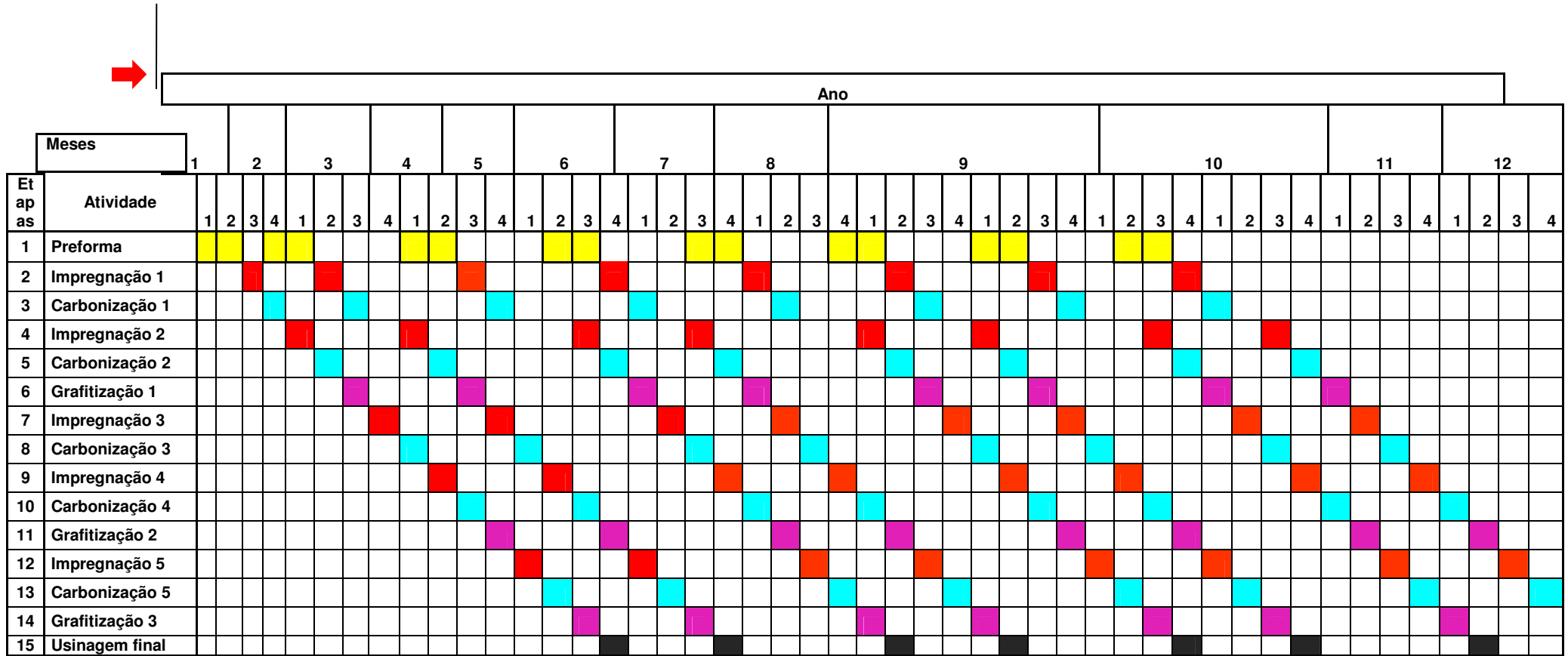


Figura 2.2 - Piche e resina para obtenção do compósito de carbono.



Figura 2.3 - Preformas final compósito CRFC.

O plano, planejamento e processo de fabricação de gargantas de tubeira dever ser estabelecido. Foi utilizada a ferramenta o Excel, onde foi elaborado o cronograma conforme tabela a seguir, onde é mostrado o detalhadamente das etapas de cada processo, atividade e semanas de atividades. Foi considerado que duas preformas são fabricadas simultaneamente, resultando em 14 unidades de garganta de tubeira.



Preforma	Yellow
Impregnação	Red
Carbonização	Cyan
Grafitização	Magenta
Usinagem final	Black



As etapas e operações de fabricação são delineadas considerando operações, tempo e número de funcionários.

Tabela 2 – Tempo para cada etapa do processo C/C

Etapa de Manufatura	Tempo /Etapas	Mão de Obra
Impregnação	Compreende a preparação do recipiente, colocação da preforma , e o uso de piche que será fundido à 150 °C por 24 horas	1 Técnico (R\$4.000,00); 1 Auxiliar (R\$ 2.000,00) - Jornada 5 dias ; 8 horas.
Carbonização	Compreende a preparação do forno, e sistemas auxiliares. Rampa de aquecimento de 20 °C/hora (48 horas) até 1000°C, e resfriamento por 48 horas.	1 Engenheiro(R\$10.000,00),1 Técnico (R\$ 4.000,00); 1 Auxiliar - Jornada 5 dias ; 8 horas.
Grafitização	Compreende a preparação do forno e sistemas auxiliares. Rapa de aquecimento de 35 °C/min (72 horas) até 2500 °C, e resfriamento por 48 horas.	1 Engenheiro(R\$10.000,00); 1 Técnico(R\$ 4.000,00); 1 Auxiliar (R\$ 2.000,00) - Jornada 5 dias ; 8 horas.

A Tabela 3 estabelece a quantidade de funcionários, salário, horas extras e adicionais, considerando uma jornada de 40 horas semanais.

Tabela 3 - Custos de mão de obra em 12 meses /Kg.

	Mão de obra	Horas mensais	Salario	Horas Extras 30% + 20%+ Adicional	Salário Final
1	Engenheiro	19200	R\$ 120.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 180.000,00
3	Técnico	19200	R\$ 144.000,00	R\$ 100.800,00	R\$ 244.800,00
2	Auxiliar	19200	R\$ 48.000,00	R\$ 33.600,00	R\$ 81.600,00
			Total:		R\$ 1.033,469

⇒ = soma do salário final ÷



Tabela 4 calcula o custo de energia elétrica, considerando a massa do produto (kg) considerando o tipo de processo usado na fabricação de gargantas de tubeira.

Preparação e Operação										
Processo	Tipo/Especificação	Temperatura	Tempo de operação (h)	Potência Equipamento (kW)	Consumo (kWh)	Preço kWh	Custo Ciclo Individual	Numeros de etapas de Processos	Custo do Processo	Custo/kg
Carbonização	Forno Hiperclave - 220W - 48 horas= 10560 Wh; Rampa:25-1000°C; Pressão: 800 bar ; Argonio: R\$ 35,00 m³/ cilindro 10m³	1000 °C	48	60	2880	0,35	R\$14,40	35	R\$504,00	R\$14,40
Grafitização	Forno Acheson-Casther ; Rampa: 25-2500°C (72h) ; Energia : 0,348988	2500 °C	72	300	21600	0,35	R\$7.560,00	21	R\$58.740,00	R\$4.536,00
Total:									R\$ 327,03	

Obs: 1- A literatura indica consumo de 2,5 – 3 kWh/kg na grafitização, para se conservador pode-se estabelecer o valor de 5 kWh/Kg.

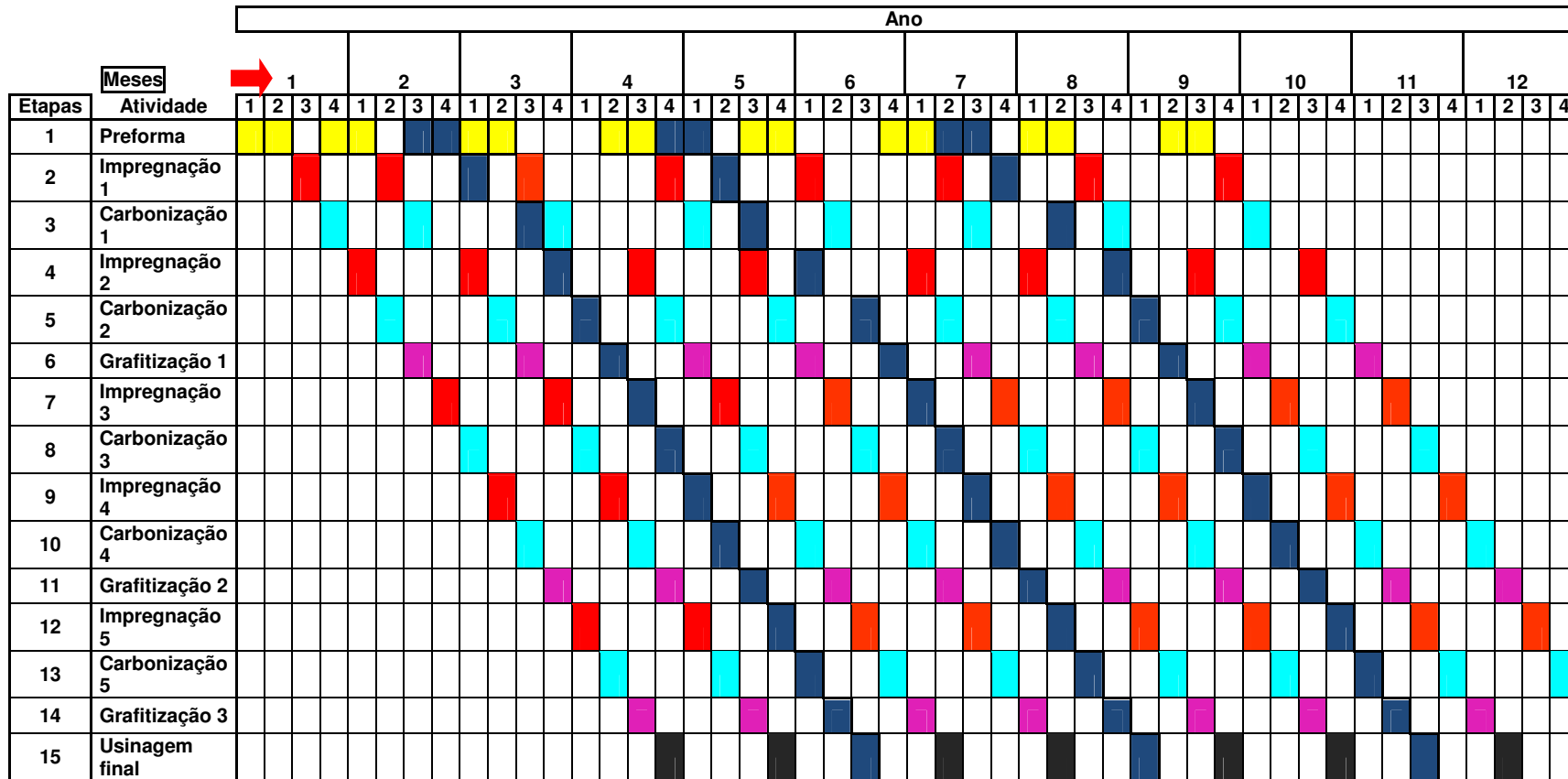
2- Gás de Processo Argônio = Argônio Comercial.

3- Preço do kWh indústria= R\$ 0,35.

= Soma do Custo do Processo ÷ (35x14).



Cronograma de Planejamento de Produção após implementação de Melhoria



Preforma	█	Grafitização	█
Impregnação	█	Usinagem final	█
Carbonização	█		

3. Resultados

Analisando as planilhas envolvidas no processo de fabricação de gargantas de tubeiras, observa-se que os custos relativos às varetas de fibras de carbono são relativamente superiores aos demais. Outra observação, as operações como Impregnação, Carbonização e Grafitização, tem longo tempo de duração no processo fabril, gerando gargalos. Deve-se otimizar o uso de mão-de-obra nos intervalos de fabricação, para evitar custos.

A seguir está o Cronograma do Planejamento de Produção, onde otimizou mão-de-obra nos intervalos de fabricação, evitando trabalhadores parados. No ano serão fabricados 14, com essa estratégia de otimizar os intervalos de etapas do processo, consegue fabricar mais 6 tubeiras, ou seja, ganho no intervalo das operações como Impregnação, Carbonização e Grafitização.

As figuras 3 a 6 referem-se aos insumos da fabricação de gargantas de tubeira de cada um dos compósitos, utilizando-se piche, onde é considerada a fração (porcentagem) de varetas em massa que compõem a preforma inicial, e conseqüentemente o compósito final. Para os cálculos é considerada a massa específica final do produto de 1,85 g/cm³, e 5% em volume de poros.

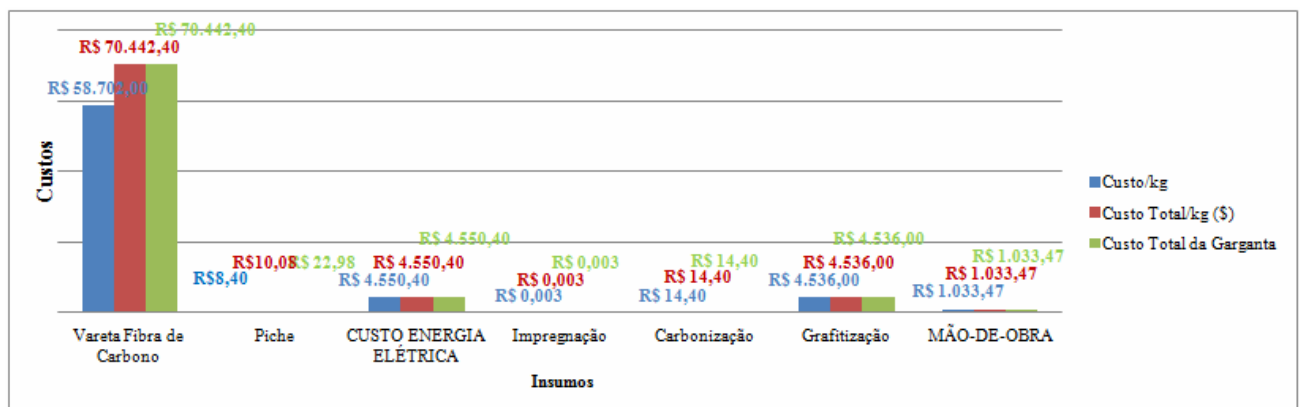


Fig.3. Custo total por insumo - Piche 40/60%.

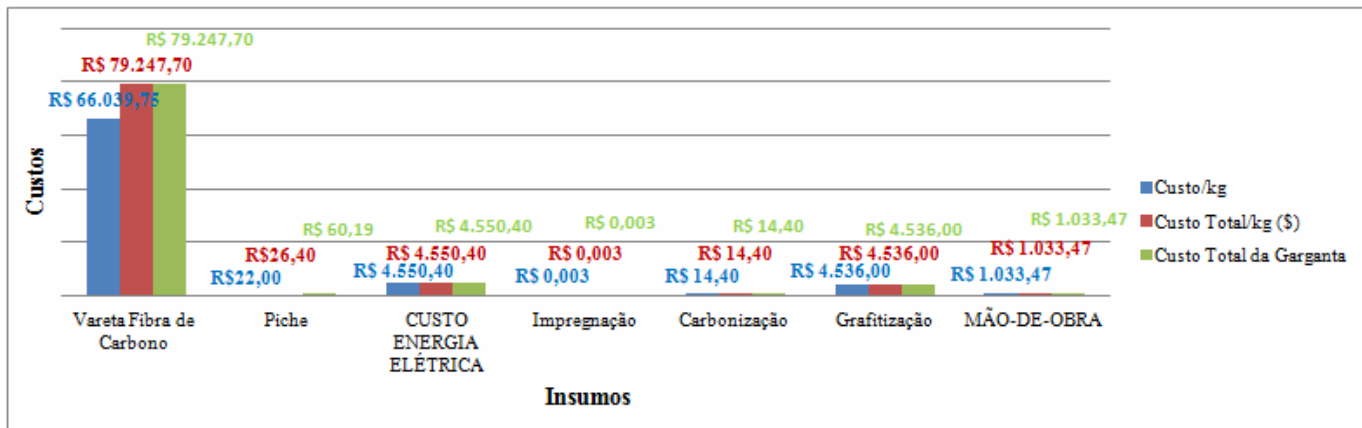


Fig.4. Custo total por insumo - Piche 45/55%.

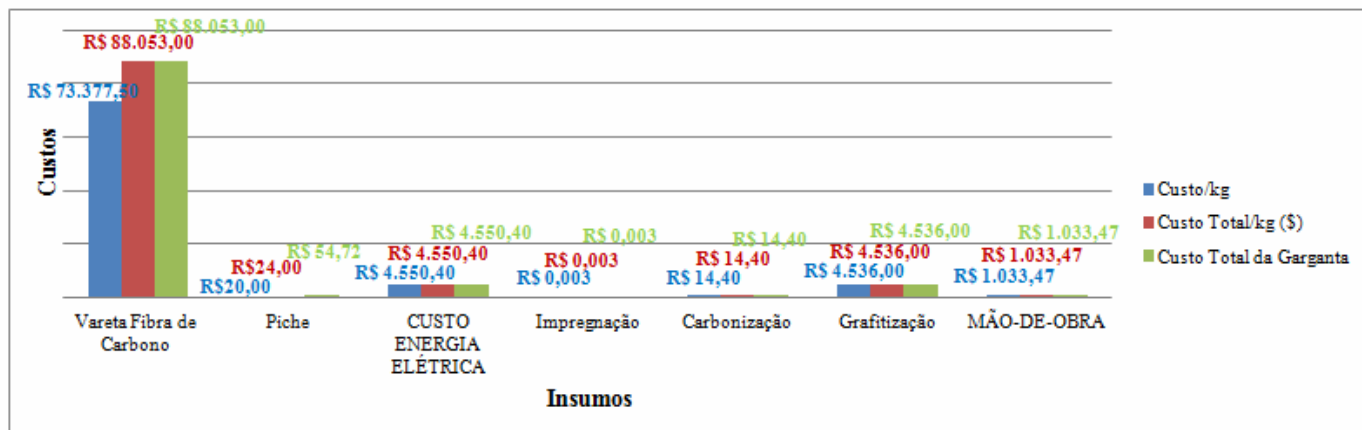


Fig.5. Custo total por insumo - Piche 50/50%.

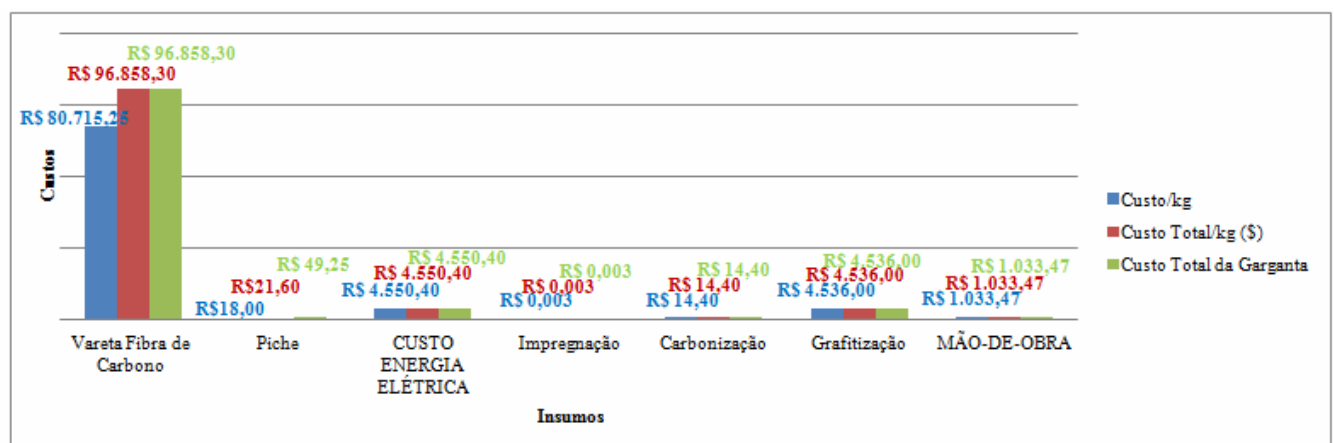


Fig.6. Custo total por insumo - Piche 55/45%.

A figura 7 representa o custo total da garganta de tubeira de foguete considerando a fração em massa para o Piche.

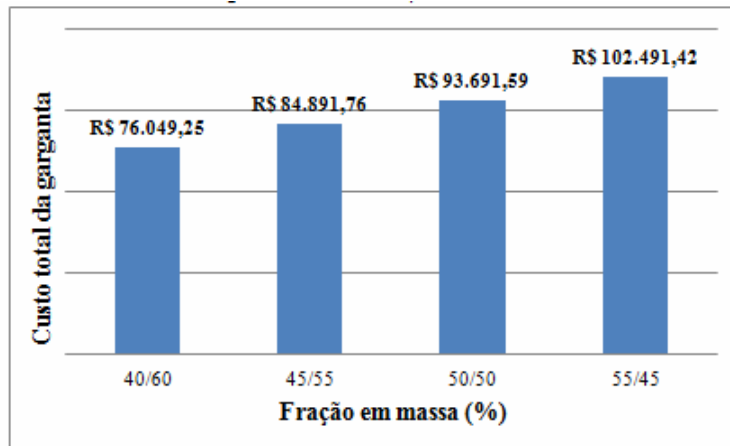


Fig.7. Custo total da garganta-Piche.

As figuras de 8 a 11 referem-se aos insumos da fabricação de gargantas de tubeira de cada um dos compósitos, utilizando-se resina, onde é considerada a fração (porcentagem) de varetas em massa que compõem a preforma inicial, e conseqüentemente o compósito final. Para os cálculos é considerada a massa específica final do produto de 1,60 g/cm³, e 5% em volume de poros.

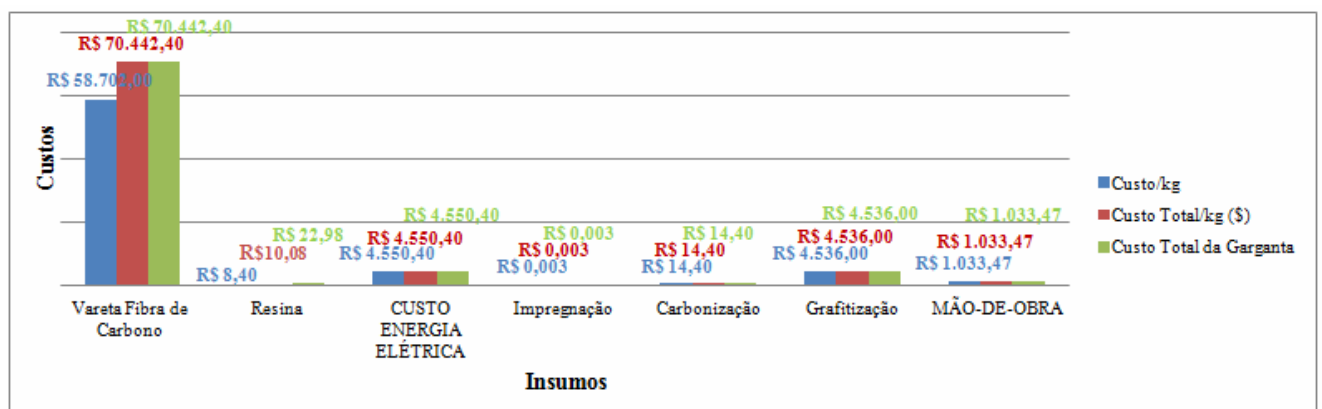


Fig.8. Custo total por insumo - Resina 40/60%.

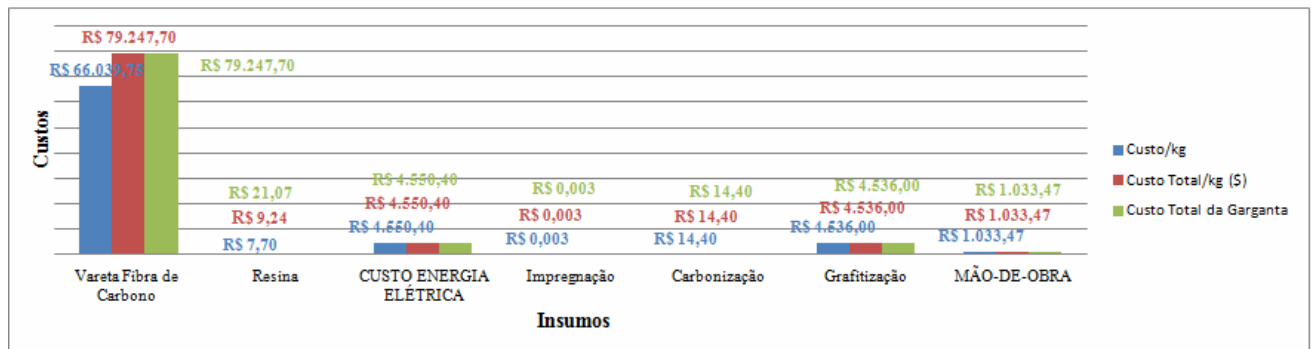


Fig.9. Custo total por insumo - Resina 45/55%.

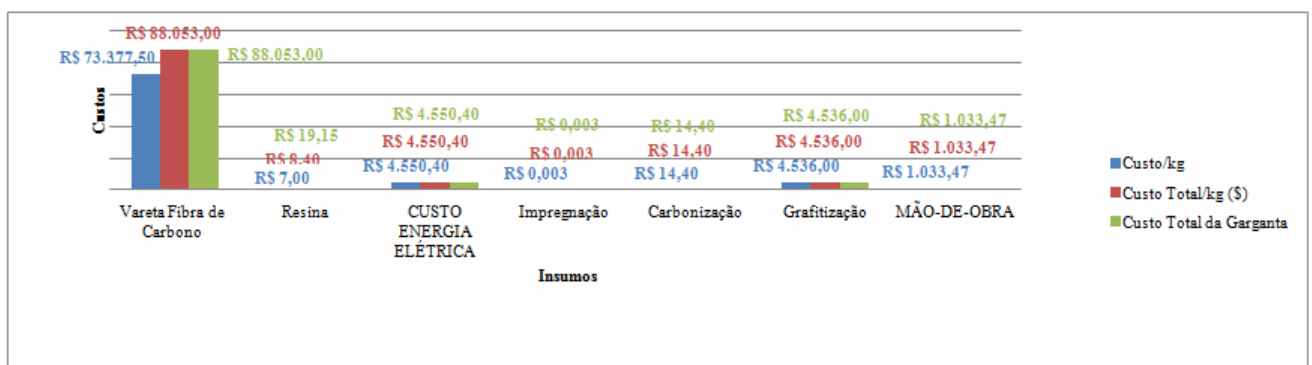


Fig.10 Custo total por insumo - Resina 50/50%.

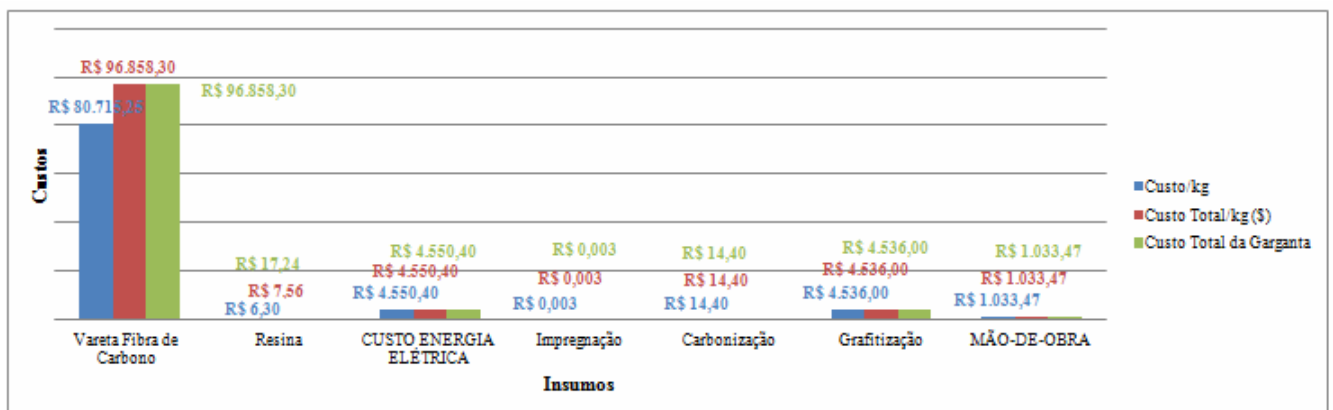


Fig.11. Custo total por insumo - Resina 55/45%.

A figura 12 representa o custo total da garganta de tubeira de foguete considerando a fração em massa para a Resina.

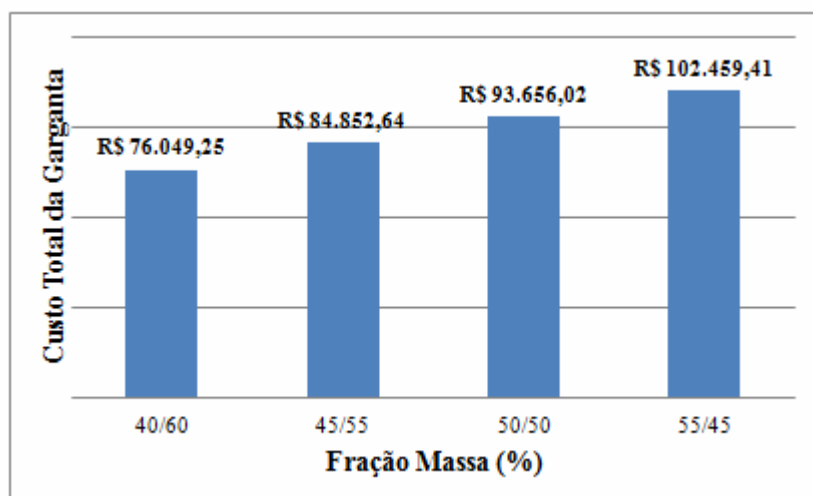


Fig.12. Custo total da garganta-Resina.

Analise do Custo

Comparando o custo total das gargantas de tubeira, observa-se na fabricação de 20 gargantas o ganho produtivo se tem a vantagem do que produzir 14, ou seja, 30% mais barato no custo com mão de obra + processo, assim objetivando no lucro esperado.

Quantidade Gargantas de Tubeira	Custo Mão de Obra	Custo Processo	Custo Total
14	R\$ 1.033,47	R\$ 325,03	R\$ 1.358,50
20	R\$ 723,43	R\$ 227,52	R\$ 950,95

4. Conclusões

Os custos de fabricação foram estipulados, calculados e analisados no período de um ano. Portanto os custos envolvidos no processo de fabricação de gargantas de tubeiras, considerando a mão-de-obra, matéria-prima, custos com energia elétrica e custos com processos de Impregnação, Carbonização e Grafitação, como resultado são fabricados 20 gargantas de tubeiras, ou seja, durante o período de doze meses obtém um ganho de 30% no processo de fabricação e de mão de obra.



Referências

1. PARDINI, L.C.; GONÇALVES, A. Processamento de compósitos termoestruturais de carbono reforçado com fibras de carbono. Journal of aerospace technology and management, v.1, n.2, p.231-241, 2009.
2. HOU, X., LI, H., SHEN, J., WANG, C., ZHU, Z. Effects of microstructure on the internal friction of carbom – carbon composites. Materials Science and Engineering, V. A286, p. 250- 256, 2000.
3. RAND, B. High performance carbon materials. HIPERMAT Conference on high materials, London, Sept, 1989.
4. http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-495671688-carbeto-carbureto-de-silicio-po-abrasivo-malha-320-_JM.
5. <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/hydrocarbon-black-660711922.html>.
6. <http://www.higher.com.br/projetos-especiais/5/projeto+basico+do+forno+acheson>.
7. <http://www.silaex.com.br/resinas%20ep%C3%B3xi.ht>