

# MELHORIA NO PROCESSO DE CÁLCULO DE CARGA METÁLICA EM EMPRESA METALÚRGICA

Adilson Soares Dias, Charles Roberto Hasse, Fábio Alexandrini, José Ernesto de Fáveri

## RESUMO

*Nesse trabalho avaliou-se diversas ações que propiciaram melhorias no desenvolvimento dos cálculos de carga metálica para obtenção de composições químicas adequadas para as peças automobilísticas conforme as especificações em normas técnicas, reduzindo a incidência de retrabalhos após a fusão do metal. Isso evita a necessidade de ajustes dos elementos químicos desejados, para a obtenção das propriedades físico-químicas e mecânicas das peças, revertendo para uma melhor produtividade com redução de custos, mão-de-obra, consumo de energia elétrica e desperdício de tempo. Para a tomada de decisões dentro das organizações, no desenvolvimento de suas atividades convém utilizar a ferramenta que fornece modelos tanto quantitativos, quanto qualitativos, para soluções ótimas e incontestáveis a todos os envolvidos. Sendo assim oportunizou-se com este trabalho, atuar proativamente como facilitador para assessorar na solução dos problemas do setor de fusão, da empresa Metalúrgica Riosulense S.A., obtendo-se com um dos resultados a criação de uma ferramenta de trabalho que propicie elaborar o cálculo de carga metálica com maior confiabilidade e agilidade.*

**Palavras-chave:** Administração de Produção; Apoio a Tomada de Decisão; Carga Metálica.

## INTRODUÇÃO

As organizações atualmente priorizam a qualidade, a fim de reduzir custos e satisfazer as necessidades dos clientes, a dinâmica combinada às técnicas de gerenciamento, são de suma importância para o aperfeiçoamento dos processos e excelência em produtos.

O processo de tomada de decisão faz parte do dia a dia do ser humano em todas as áreas, seja pessoal ou profissional, temos que encarar decisões importantes e difíceis. Nas organizações encontramos maiores dificuldades, pois, quando se decide fazer ou não alguma coisa, faz-se necessário, criar processos de apoio à decisão. No processo de decisão, freqüentemente utiliza-se dos modelos, quantitativo e qualitativo. O bom uso destes modelos encontrará a solução adequada de suporte à decisão.

Fundamentando nestas informações atuou-se como facilitador para assessorar na solução do problema do setor fusão da Metalúrgica Riosulense S.A. na criação de uma ferramenta que melhore os resultados do setor; para alcançar esses objetivos, o aluno buscou apoio em livros de apoio à decisão; Pode-se desta forma entender que quando se diz que o gerenciamento da qualidade é uma filosofia na busca da melhoria contínua em cada nível de operação.

Nos mapas de relações meios-fins, será possível visualizar com maior rapidez, clareza e precisão, as informações que levam ao alcance dos objetivos traçados, através das orientações do facilitador, que proporciona uma pré-filtragem das informações necessárias para que decisor faça sua escolha, conforme princípios que o levará a sua plena satisfação.

O setor de fusão da Metalúrgica Riosulense S. A. é responsável pela elaboração da carga metálica, fusão e vazamento dos moldes, para obtenção das peças brutas de fusão. Visando atender as características físicas e químicas das mesmas (propriedades mecânicas, metalográfica e composição química), conforme especificação de normas internacionais determinadas pelos seus clientes.

A equipe da fusão destaca-se pela capacidade técnica para elaboração de uma grande gama de ligas ferrosas convencionais (ferro fundido cinzento e nodular ligados ou não); bem como na elaboração de aços, ligas de alto cromo e ligas especiais com base Cobalto e base Níquel, entre outras.

Nesta pesquisa encontraremos todos os métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos, disponibilizando informações sobre todo o processo de obtenção do aço, do ferro fundido, suas principais matérias-primas e todas as características físico-química das peças automobilísticas, para criar uma base de conhecimento a fim de desenvolver o trabalho de elaboração de uma planilha eletrônica capaz de servir como ferramenta para simplificar o processo de cálculo de carga e reduzir as incertezas e risco de erros de cálculo da composição química conforme especificação das montadoras automobilísticas.

## METAIS E LIGAS METÁLICAS

Ferro é um dos metal mais utilizado, “Ferro fundido é a designação genérica para ligas de ferro-carbono com teores de carbono acima de 2,11%.” (MARIANO, 2004, p. 14).

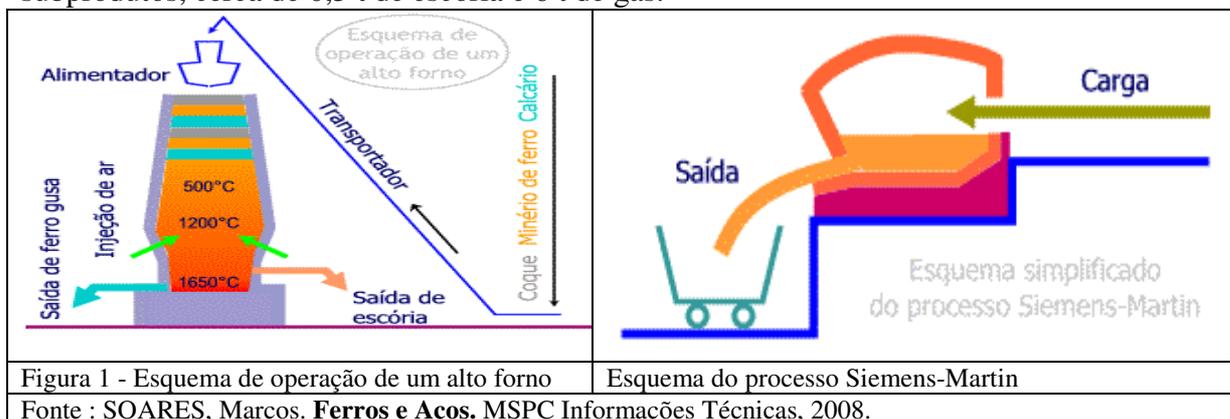
À metalurgia do aço, dá-se o nome de siderurgia. Neste tópico estão algumas informações resumidas sobre a produção siderúrgica, sem maiores detalhes. A produção do aço a partir do minério se dá pela redução química do óxido nele contido com o carbono.

O equipamento usado é um forno de formato cilíndrico vertical e de grande altura, por isso chamado de alto forno, conforme Figura 3:

São basicamente três os ingredientes que são dispostos no alto forno: O minério de ferro, isto é, a substância que contém o óxido. O calcário (rocha à base de carbonato de cálcio) para remover impurezas. O coque, que é o agente combustível e redutor. Coque é normalmente produzido na própria siderúrgica, através da queima parcial do carvão mineral. Isto é necessário para remover o material volátil do carvão e, assim, aumentar sua resistência mecânica de forma a suportar a carga de minério e calcário.

Na figura 4 observa-se um esquema simplificado da operação de um alto forno, onde o gás que sai da parte superior do forno é destilado para obter produtos como benzol, naftalina e outros. Após este processo, o gás ainda tem poder combustível e pode ser usado na própria siderúrgica ou distribuído para outros consumidores.

O processo é consumidor intensivo de ar. Para cada tonelada de ferro produzida, são usadas cerca de 2 t de minério, 0,5 t de calcário, 1 t de coque e 4 t de ar. E, como subprodutos, cerca de 0,5 t de escória e 6 t de gás.



O ferro que sai do alto forno, chamado ferro-gusa, contém elevados teores de carbono e de impurezas. Para o refino do ferro-gusa de forma a transformá-lo em aço comercialmente utilizável, existem processos diversos, entre os quais, o Siemens-Martin, Figura 4, que consiste no aquecimento, por determinado período, do ferro-gusa misturado com sucata de aço, em temperaturas na faixa de 1650°C.

A fundição é o processo de fabricação de peças que representa o caminho mais curto entre a matéria-prima metálica e as peças acabadas em condições de uso. Este processo consiste, essencialmente, em encher com metal líquido a cavidade de um molde cujas

dimensões e formas correspondem às das peças a serem obtidas. Após a solidificação e resfriamento obtêm-se as peças com formas e dimensões, geralmente, quase definitivas, pois, em muitos casos, as peças são usinadas antes de estarem em condições de utilização.

Na Figura 2 demonstra-se todas as divisões e classificações em que se encontram todos os materiais na natureza, e, bem como a localização do ferro e do aço que são os elementos principais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

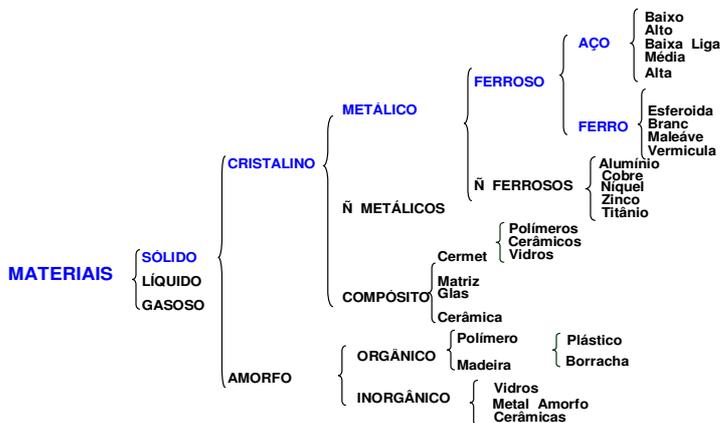


Figura 2 – Organograma de Classificação dos materiais

Fonte: BAUMBARTEN, **Júlio F. Curso de Engenharia de Materiais**, Joinville, 2004

Os materiais das cargas normalmente empregados em fornos de indução a cadinho para fabricação de ferros fundidos e aços são: ferro gusa, sucata de aço, retornos de fundidos, cavacos de usinagem das peças de aço e de ferro fundido, ferro-ligas, carburantes e alguns metais com 99% de pureza.

Apesar da composição química isoladamente não determinar a microestrutura do material, e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas decorrentes, ela desempenha papel importante sob o ponto de vista termodinâmico (quantidades e tipos de fases em equilíbrio e diminuição da tendência à formação de ferro fundido branco), ou cinético (nucleação e crescimento da grafita, principalmente, e influência na formação de perlita e / ou ferrita na reação eutetóide).

O cálculo de carga é, então, uma ferramenta muito importante, pois, se executado criteriosamente, proporciona a obtenção da análise química especificada.

A carga preparada com a finalidade de se obter um ferro fundido com determinada composição química, consiste na mistura e balanceamento dos materiais apresentados no item anterior, uma vez que contêm, em teores variáveis, os elementos químicos necessários à obtenção da liga desejada.

Pode-se denominar carga base, àquela correspondente aos materiais adicionados ao forno no início de uma corrida ou na recarga do forno com pé de banho líquido, e carga aditiva, ao conjunto de adições processadas com a finalidade de corrigir os teores de certos elementos, no caso de haver perda durante a fusão, ou para incorporar elementos de liga ao banho.

A carga aditiva abrange também outras adições que tem por objetivo algum tratamento do banho metálico, como as de inoculantes de função grafitizante e de liga pra tratamento de nodulização.

Segundo Castello Branco e Reimer (1983, p. 23), muitas das adições correspondentes à carga aditiva podem ser efetuadas no próprio forno, durante a operação, ou mais comumente em panelas, durante a transferência do metal proveniente do forno. De modo geral, seja

através da carga base ou da aditiva, pode-se calcular a porcentagem de um dado elemento químico introduzido pelos diversos materiais, através da seguinte expressão:

|   |   |
|---|---|
| $%E = \sum_{I=1}^M \left\{ \left( \frac{\%E_A}{100} \right) * \left( \frac{\%A_I}{I} \right) * \eta_{E_M} \right\} \dots \dots \dots (I)$ | <p>%E = PORCENTAGEM DO ELEMENTO QUÍMICO – E - INTRODUIZIDO; ADICIONADO;<br/>M<br/>%E = TEOR DO ELEMENTO QUÍMICO –E- NO COMPONENTE DA CARGA – A -<br/>A<br/>I<br/>A = PORCENTAGEM DO COMPONENTE ADICIONADO – A -<br/>I<br/>HE = RENDIMENTO DA INCORPORAÇÃO DO ELEMENTO – E - NO METAL.<br/>M<br/>EXEMPLO: CÁLCULO DA PORCENTAGEM DE SILÍCIO INTRODUIZIDA NO BANHO METÁLICO, NA ADIÇÃO DE 0,5% DE FESI (75% SI).<br/>%SI = %SI (FÉ – SI) / 100 * % FE-SI * H (FÉ-SI)<br/>H (FÉ-SI) = 70%<br/>%SI = 0,75 * 0,5 * 0,7 = 0,26%</p> |
|---|---|

FIGURA 3 - FORMULA

Fonte: Castello Branco e Reimer, 1983, p. 24

### METODOLOGIA DO MULTICRITÉRIO EM APOIO À DECISÃO

No dia a dia, vive-se tomando decisões importantes e difíceis. “Todas estas situações [que envolvem decisões importantes e/ou difíceis] são complexas” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 9, grifo nosso), sejam elas de cunho pessoal ou profissional.

“Devido a essas características, as decisões complexas são únicas” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 10). Isso quer dizer que problemas com características importantes e/ou difíceis nunca terão a mesma decisão para solucioná-los. Foi aí que surgiu a metodologia MCDA, onde o principal objetivo é construir ou criar algum processo para estruturar o problema e a evolução das ações potenciais para resolvê-los.

Os Elementos Primários de Apoio (EPAs) são os elementos básicos para orientar a tomada de decisão com maior agilidade e objetividade, para evitar que se tome uma decisão que não atenda as expectativas dos decisores e afins, sendo que para isso, é necessário basear em metas e valores dos decisores, objetivos, bem como de ações, opções e alternativas que possam ser seguidas para chegar em uma decisão comum, e com maior grau de satisfação para os envolvidos com determinado problema. Fundamentando-se nos mapas cognitivos que representa o problema do decisor para lidar com grupos de diferentes problemas.

O mapa cognitivo é “[...] uma estrutura hierárquica formada por conceitos-meios e conceitos fins” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 110).

Para se interpretar o mapa cognitivo é preciso “[...] compreender as relações existentes entre os meios disponíveis aos decisores [, ou seja, as opções das quais poderão ser atingidos os objetivos] e o fim que eles almejam alcançar” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 110, grifo nosso).

Nos mapas de relações meios-fins, é possível visualizar com maior rapidez, clareza e precisão, as informações que levam ao alcance dos objetivos traçados, através das orientações do facilitador, que proporciona uma pré-filtragem das informações necessárias para que decisor faça sua escolha, conforme princípios que o levará a sua plena satisfação.

Os pontos de vista fundamentais, tem por função facilitar a transição do mapa cognitivo para o modelo multicritério. Tem por objetivo, determinar quais são os pontos importantes para os decisores.

No que refere-se aos modelos multicritérios cabe salientar que na estrutura arborescente, há uma decomposição dos critérios mais complexos em subcritérios, na qual a

mensuração fica facilitada. É passível de divisão em nível hierárquico superior e nível hierárquico inferior.

A principal facilidade proporcionada pelos pontos de vista fundamentais, é levar o decisor a observar um aspecto, considerado como fundamental, para poder avaliar ações a serem tomadas. Portanto, leva o decisor a delimitar o conjunto de ações potenciais, as quais irão facilitar a tomada de decisão.

“Na construção de um critério, duas ferramentas são necessárias: um descritor e uma função de valor associada a tal descritor” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 145). Os descritores melhoram o entendimento daquilo que é problema para o decisor.

Entende-se que descritor é um conjunto de níveis de impacto “[...] que servem como base para descrever as performances plausíveis de ações potenciais [...]” (BANA; COSTA, 1992 apud ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p. 145).

Os descritores são construídos para:

- Auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando;
- Tornar o ponto de vista mais inteligível;
- Permitir a geração de ações de aperfeiçoamento;
- Possibilitar a construção de escalas de preferências locais;
- Permitir a mensuração do desempenho de ações em um critério;
- Auxiliar uma construção de um modelo global de avaliação (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p.146).

Os descritores podem ser classificados em sete tipos:

- Direto: “é aquele que possui uma forma de medida numérica intrínseca” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p.147);
- Construído: quando o ponto de vista é mais complexo ou tem grande importância;
- Indireto ou Proxy: “busca associar um evento ou propriedade fortemente relacionada ao ponto de vista e a utiliza como um indicador” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p.147);
- Quantitativo: descreve o ponto de vista, fazendo o uso de números;
- Qualitativo: não faz uso de números mais sim expressões semânticas para descrição do ponto de vista;
- Discreto: “é formado por um número finito de níveis de impacto” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p.147);
- Contínuo: “é constituído por uma função matemática contínua” (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p.147);

Ao estruturar o problema, e determinar as ações, identifica-se qual o desempenho da ação potencial e ilustra-se, em gráficos para facilitar a avaliação, que pode ser feita em critérios mensuráveis, usando ferramentas que auxiliem os decisores em ações potenciais; exemplo o uso do software.

Logo após faz-se a avaliação de um impacto das ações potenciais, comparando individualmente ou com duas ou mais ações potenciais, confrontando as informações para observar com maior clareza as vantagens e desvantagens de cada alternativa. Possibilitando satisfazer os decisores nas análises dos perfis de impacto da ação dominante, e, possibilitando o aumento do conhecimento dos decisores sobre seu problema.

A fórmula de agregação aditiva é usada quando o perfil de impacto não é suficiente para auxiliar a decisão, faz-se então a utilização de fórmulas de agregação, sendo que estas

fórmulas buscam transformar unidades de atratividade local, em atratividade global, porém, para se utilizar destas fórmulas, os critérios devem ser independentes.

Logo, a avaliação global das ações potenciais, é fundamentada a partir da avaliação de performance local da ação potencial e das taxas de substituição, podendo usar a fórmula de agregação aditiva para determinar a alternativa global.

## METODOLOGIA E RESULTADOS

Para o presente estudo qualquer que seja a forma de Pesquisa Descritiva, a coleta de dados da realidade é a técnica por excelência. Pois foi possível buscar informações com todos os colaboradores que participavam diretamente ou indiretamente com o processo de fusão das cargas metálicas, ouvindo desde o pesador de matérias-primas, líderes, supervisores e gerentes da administração da produção das referidas fundições. A pesquisa foi efetuada “in loco” no exato momento em que as atividades estavam sendo desenvolvidas, sem nenhuma formalidade, claro que intencionalmente para conseguir detectar as principais dificuldades dos colaboradores, detectando com maior precisão todos os pontos e oportunidades de melhorias do processo de obtenção de uma composição química conforme especificado, da primeira vez.

A coleta de dados foi realizada segundo um roteiro de estudo no local propiciando o levantamento das informações.

O processo de entrevista foi a melhor oportunidade que teve este pesquisador para ampliar seu conhecimento sobre o processo de obtenção de uma composição química de uma peça conforme especificação de cliente de uma fundição de peças metálicas, criando a sensibilidade necessária para perceber os fatores de sucesso ou fracasso do cotidiano das empresas.

O sistema de cálculo de carga anterior era manual, sendo necessário, calcular individualmente cada elemento químico constituído na composição química dos retornos, dos aços e dos elementos de liga, para obter a composição química da peça desejada, conforme especificação do cliente, seguindo a seguinte fórmula:

$$\text{Matéria-prima adicionada} = \frac{(\% \text{ aumento} \times \text{peso carga})}{\text{Rendimento Elemento de liga}}$$

Como são muitas variáveis, muitas vezes não se considerava os residuais contidos nos elementos de ligas, e em toda matéria-prima utilizada, que não são puros, e que altera a composição química da carga, gerando necessidade de correção da mesma, atrasando a produção.

Isto porque era necessário recalcular os elementos químicos que estão não conforme, adicioná-lo ao forno, reaquecer o metal e enviar outra amostra para o laboratório químico fazer a análise espectrométrica para confirmar se o elemento químico desconforme se encontra dentro de uma faixa especificada em fichas técnicas, para que a peça atenda suas propriedades físicas e químicas.

Devido à complexidade dos cálculos e o tempo demandado para efetuar o cálculo de carga, cada líder mantinha conforme seus conhecimentos algumas cargas padrão, sem considerar o custo destas cargas metálicas. Com isso o consumo de ferro gusa cinzento e ferro gusa nodular era elevado, aumentando os custos de produção.

Inicialmente foram realizadas reuniões com equipe da fusão para avaliar as ações potenciais para encontrar os elementos fundamentais que auxiliam na tomada de decisão, a fim de alcançar os objetivos propostos.

Após análise de todas as possibilidades de solução do problema em questão, foram selecionados todos os elementos fundamentais, que correspondessem às reais bases para alcançarmos a meta e o objetivo proposto.

Elementos fundamentais: Elaborar planilha de cálculo de carga, Visualizar custos da matéria-prima, padronizar fontes de dados e reduzir stress dos colaboradores. Conforme Figura 3.

Para atender estes conceitos, fundamentos nas ferramentas e técnicas de melhoria da qualidade, foram definidos quais problemas deveriam ser abordados, com o objetivo de facilitar o decisor na empresa, em sua tomada de decisão, baseando-se nos elementos primários de avaliação da metodologia multicritério de apoio a decisão, para visualizar os pontos de vistas fundamentais e observar os aspectos principais das ações a serem tomadas, com isso, melhoram o entendimento do problema, auxiliando em uma construção de um modelo global de avaliação. Assim o pesquisador, juntamente com os colaboradores da Metalúrgica Riosulense S. A, e do apoio do professor orientador, foi possível fazer, uma avaliação global das ações potenciais, da performance local, analisando os perfis de impacto das ações dominantes, para a criação de uma planilha eletrônica, que possibilita executar os cálculos complexos da composição química das peças fundidas, considerando todas as variáveis conforme revisão bibliográfica da influência de cada elemento químico composição da carga utilizada, objetivando atender as especificações dos clientes, com maior agilidade e confiabilidade das Informações.

Os Elementos Primários de Apoio (EPAs) são os elementos básicos para orientar a tomada de decisão com maior agilidade e objetividade, para evitar que se tome uma decisão que não atenda as expectativas dos decisores e afins, sendo que para isso, é necessário basear em metas e valores dos decisores, objetivos, bem como de ações, opções e alternativas que possam ser seguidas para se chegar a uma decisão comum, e com maior grau de satisfação para os envolvidos com determinado problema. Fundamentando-se nos mapas cognitivos que representa o problema do decisor para lidar com grupos de diferentes problemas.

Os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), que darão origem à conceitos. Eles se referem ao problema que será analisado, e num primeiro momento devem aparecer quantitativamente. Na primeira análise faz-se uma triagem desses elementos e mantêm-se os que mais se ajustam à problemática em questão, eliminando as repetições e os elementos que fogem muito ao contexto.

Após análise de todas as possibilidades de solução do problema em questão, foram selecionados todos os elementos fundamentais, que correspondessem às reais bases para se alcançar a meta e o objetivo proposto.

Iniciou-se esta parte da atividade, conversando com os decisores, com o auxílio de um questionário conforme tabela 1, a fim de se obter uma lista de Elementos Primários de Avaliação – EPAS. Procurou-se neste momento deixar o colaborador falar naturalmente, sem ser interrompido pelo facilitador. Como resultado obteve-se a seguinte lista:

- 1) Visualizar custos da matéria-prima;
- 2) Elaborar planilha para cálculo de carga;
- 3) Controlar variáveis;
- 4) Controlar residuais dos elementos de liga;
- 5) Padronizar fonte de dados;
- 6) Reduzir stress dos colaboradores.

Após definir junto com o decisor os EPAs, os mesmos são transformados em conceitos. Os conceitos são formados por dois pólos, o pólo presente que é definido para a situação “presente” (isto é um rótulo definido pelo ator para a situação atual), e o pólo “contraste” (

que é um rótulo para a situação que é seu oposto psicológico à situação atual). Eles são orientados para uma ação, conforme a figura 4.

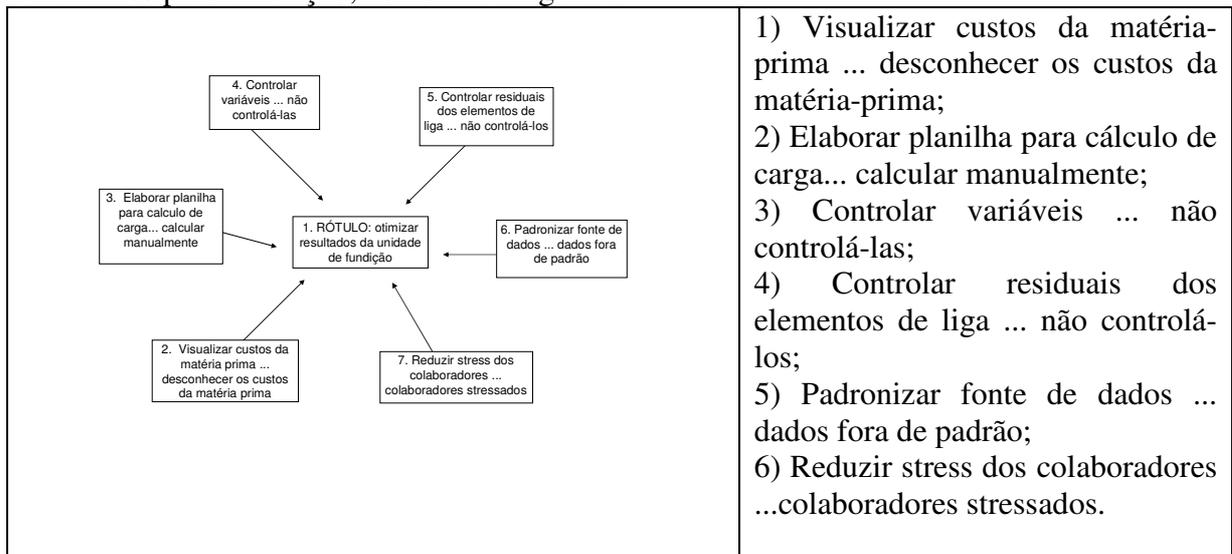


Figura 4 - Layout Dos EPA's Orientados Para A Ação

Fonte: Informações organizadas pelo autor

A construção de um mapa cognitivo implica em hierarquizar meios e fins. Ele se expande a partir dos meios para os fins. Partindo-se de um elemento primário de avaliação pergunta-se ao decisor “porque aquele conceito é importante?” O decisor com sua resposta fornece um próximo conceito, que representa um fim em relação ao primeiro. Assim procede-se em relação a cada conceito formado, até chegar ao limite que um determinado conceito não permita mais expansão, ou então gere um repetição, conforme pode ser visto na Figura 5.

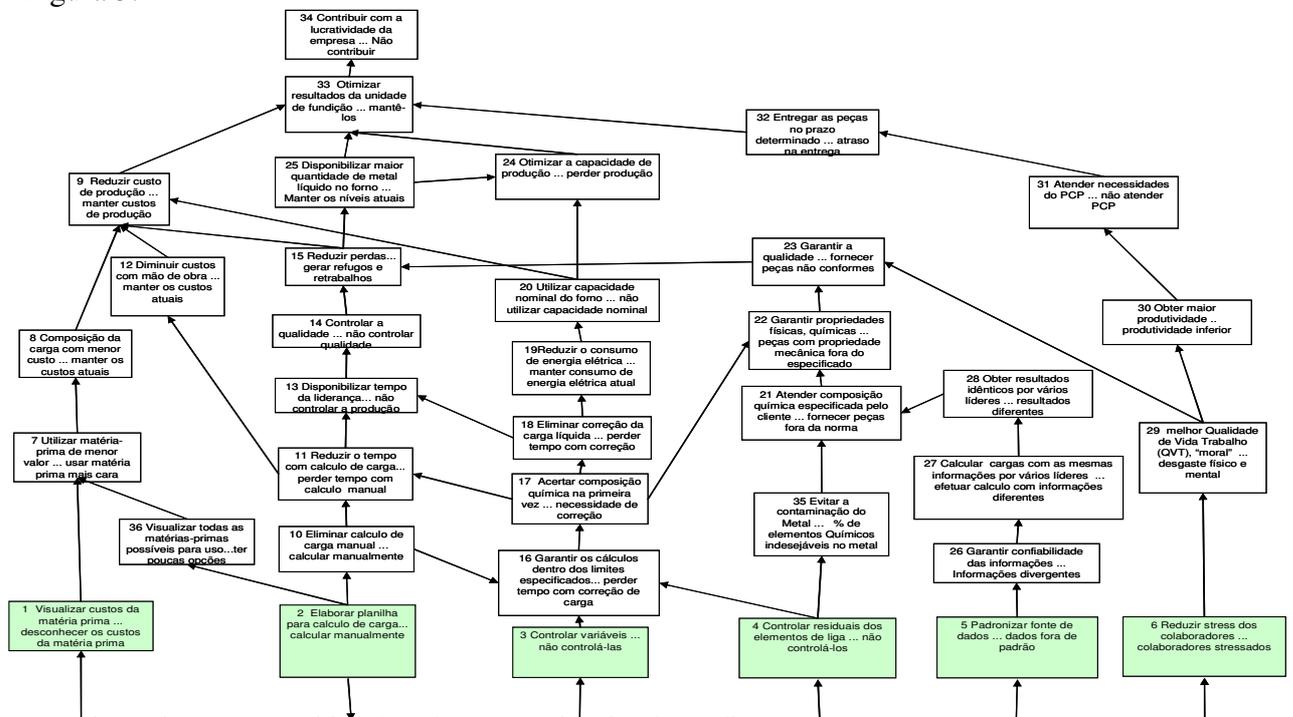


Figura 5 - Mapa Cognitivo dos Elementos Primários de Avaliação

Fonte: Informações organizadas pelo autor

Nos mapas de relações meios-fins, foi possível visualizar com maior rapidez, clareza e precisão, as informações que levam ao alcance dos objetivos traçados, através das

orientações do facilitador, que proporcionou uma pré-filtragem das informações necessárias para que decisor faça sua escolha, conforme princípios que o levará a sua plena satisfação.

para facilitar a análise do mapa, o mesmo pode ser dividido em clusters, cada cluster do mapa cognitivo representa um conjunto de conceitos similares. O cluster pode ser analogamente identificado como se fosse um ilha, ou mapa de um Estado dentro do mapa de um País sendo que um conceito pode fazer parte de um ou mais clusters. Na Figura 6, o exposto pode ser visualizado, através de três clusters: custos, qualidade e produtividade.

Os ramos no mapa cognitivo são os conjuntos de uma ou mais linhas de argumentação que traduzem o mesmo tipo de preocupação ao contexto decisório. Para facilitar a análise do mapa, o mesmo pode ser dividido em clusters. No exposto abaixo pode ser visualizado, através de Três ilhas: cluster Custos, cluster Qualidade e cluster Produtividade.

Os ramos dentro de cada cluster. o cluster custo e seus ramos de argumentação, representado aqui pela ilha em azul contornada pela linha em vermelho. O cluster qualidade e seus ramos de argumentação, representado aqui pela ilha em amarelo contornada pela linha azul, delimitando todos os conceitos que fazem parte deste cluster. O cluster produtividade e seus ramos de argumentação, mostrando todos os conceitos que formam este cluster. Dos ramos B1 ao B7, exemplificando de forma sintetizada todas as linhas de argumentação e a qual cluster ela faz parte, conforme a figura 7.

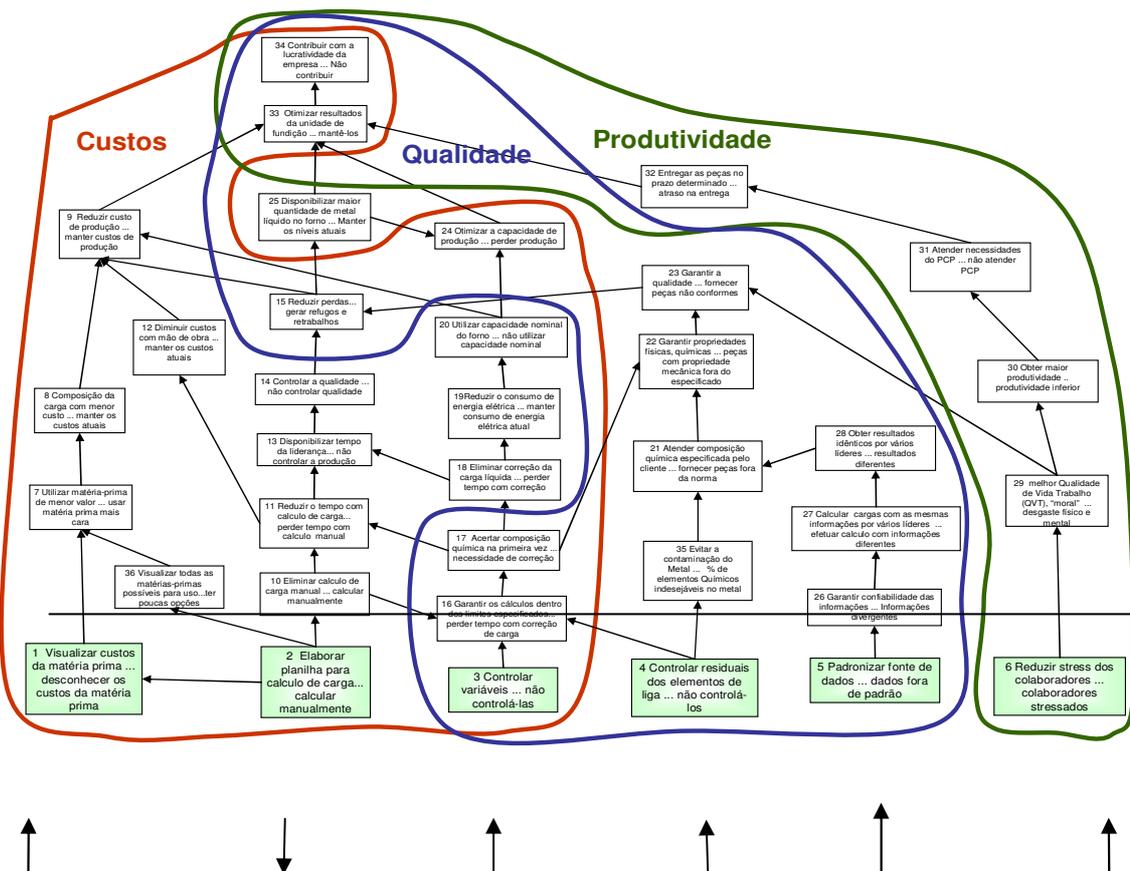


Figura 6- Mapa Cognitivo e Seus Clusters

Fonte: Informações organizadas pelo autor

Após identificação das linhas de argumentação conforme quadro 1, podemos definir os ramos do cluster com sua respectiva análise, bem como as linhas de argumentação, onde o

cluster custo é representado aqui pelos ramos B1, B2 e B3, descrito na figura 15d, sendo que cada ramo é composto por uma ou mais linhas conforme descrito no quadro 2, desta forma fica fácil organizar estas idéias de forma clara e objetiva no Quadro 3 abaixo

| Cluster       | Ramo           | Linhas de Argumentação            |
|---------------|----------------|-----------------------------------|
| CUSTOS        | B <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> e A <sub>2</sub>   |
|               | B <sub>2</sub> | , A <sub>3</sub> ; A <sub>8</sub> |
|               | B <sub>3</sub> | A <sub>9</sub> ; A <sub>13</sub>  |
| QUALIDADE     | B <sub>4</sub> | A <sub>14</sub> e A <sub>15</sub> |
|               | B <sub>5</sub> | A <sub>16</sub>                   |
|               | B <sub>6</sub> | A <sub>17</sub>                   |
| PRODUTIVIDADE | B <sub>7</sub> | A <sub>18</sub> ; A <sub>20</sub> |

Quadro1 - Linhas de Argumentação dos Ramos dos Clusters  
 Fonte: informações organizadas pelo autor

Segundo Ensslin (2000), os pontos de vista fundamentais, tem por função, facilitar a transição do mapa cognitivo para o modelo multicritério. Tem por objetivo, determinar quais são os pontos importantes para os decisores. A principal facilidade proporcionada pelos pontos de vista fundamentais, é levar o decisor a observar um aspecto, considerado como fundamental, para poder avaliar ações a serem tomadas. Portanto, leva o decisor a delimitar o conjunto de ações potenciais, as quais irão facilitar a tomada de decisão para solucionar o problema da Metalúrgica Riosulense S.A.

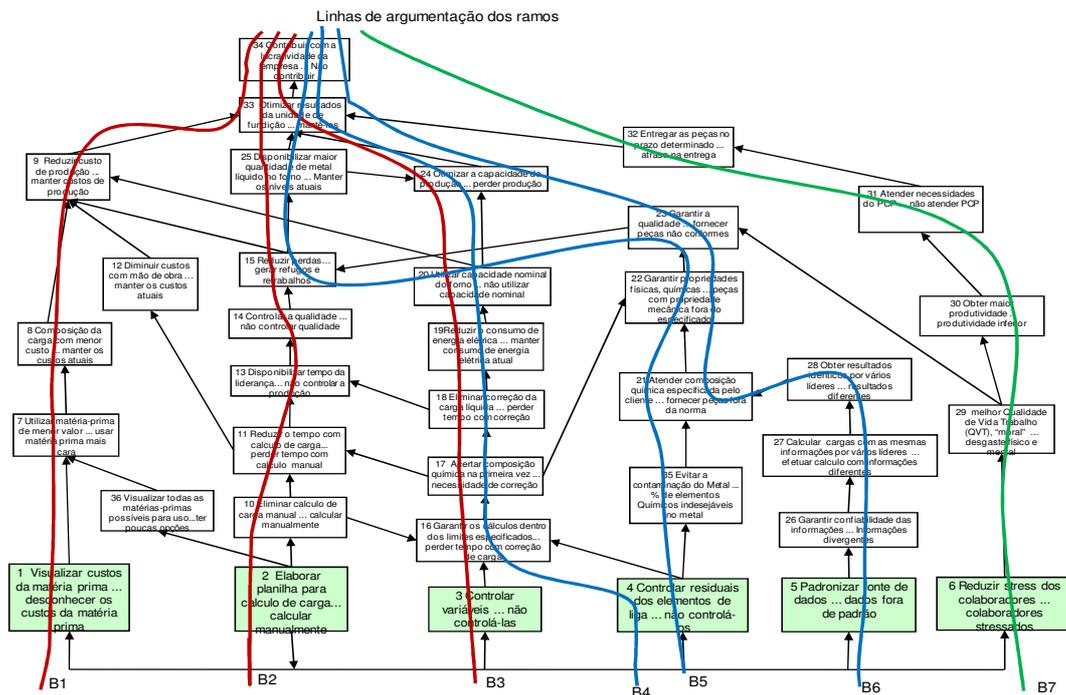


Figura 7 – Ramos dos clusters  
 Fonte: Informações organizadas pelo autor

Os objetivos dos decisores e as características das ações se ligam ao que se chama de Ponto de Vista (PV).

Portanto, podemos dizer que um ponto de vista representa todo aspecto da realidade da decisão que o facilitador percebe como sendo importante para a construção de um modelo de avaliação de ações.



Árvore de objetivos do decisor

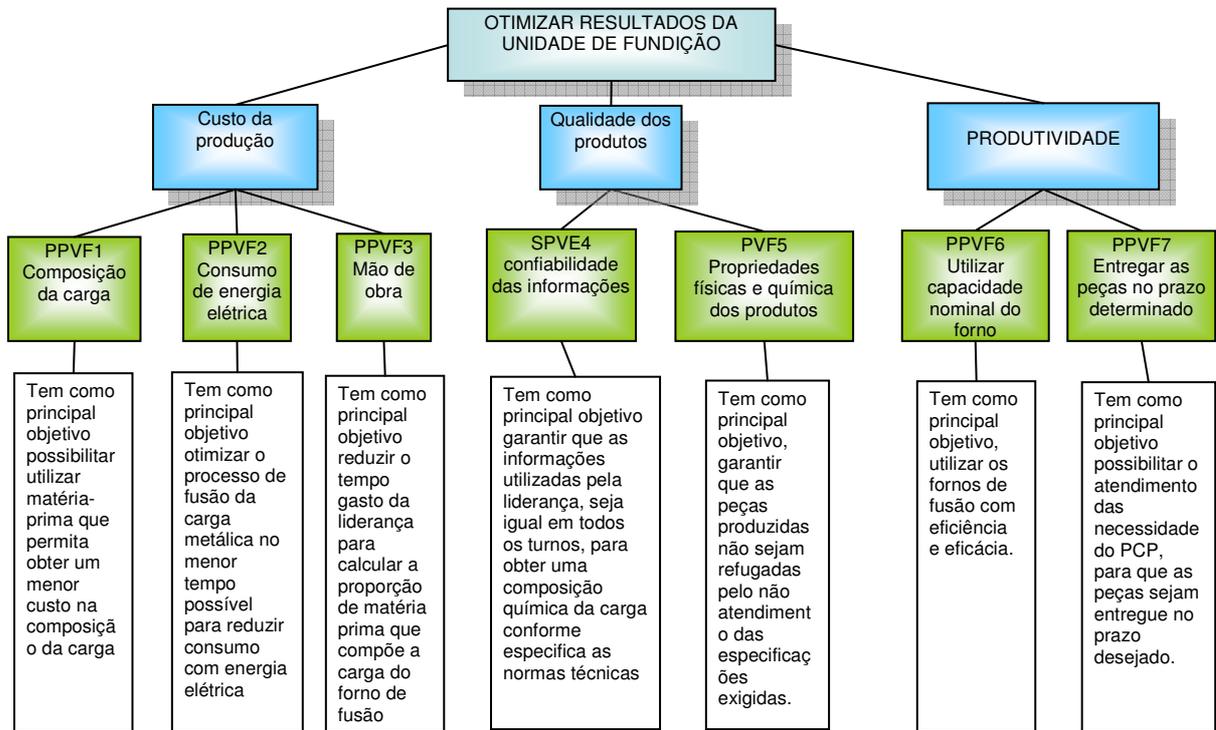


Figura 18 - Estrutura arborecente do mapa cognitivo  
 Fonte: informações organizadas pelo autor

Árvore de Valor

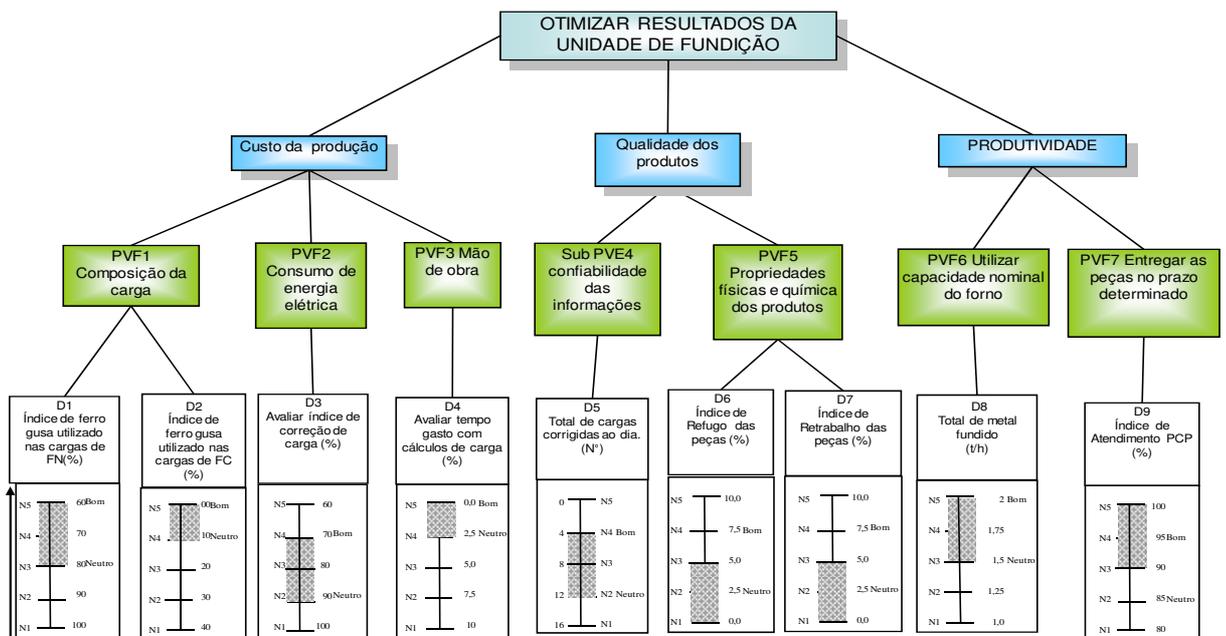


Figura 19 - pontos de vistas fundamentais e seus descritores.  
 Fonte: informações organizadas pelo autor

O setor de fusão da Metalúrgica Riosulense SA e, é responsável pela elaboração da carga metálica, fusão e vazamento dos moldes, para obtenção das peças brutas de fusão. Visando atender as características físicas e químicas das mesmas, conforme especificação de normas internacionais determinadas pelos seus clientes. Fundamentados na grande necessidade da empresa melhorar seus resultados, foi então elaborado a árvore de valor, focando otimizar os resultados da unidade de fundição.

No novo sistema, os cálculos de cargas são elaborados a partir do peso da carga metálica necessária conforme solicitação do PCP e da composição química pré-estabelecida, que atenda as propriedades mecânicas determinadas pelos clientes.

Após digita a quantidade de retornos (canais) disponíveis no estoque, utilizando a maior quantidade possível sem comprometer a faixa da composição química desejada, e automaticamente o programa calcula todos os outros elementos de liga necessário, completando o restante da carga com sucata de aço, até que se atenda a composição química desejada.

Com a aplicação do programa de cálculo de carga para obter a redução dos custos das cargas metálicas possibilitou reduzir o tempo gasto para efetuar os cálculos, que eram de 10 min, para apenas 1 min, conforme mostra a tabela 1.

Para uma melhor visualização da otimização dos processos, apresenta-se abaixo, alguns exemplos das planilhas elaboradas a fim de calcular a composição química, com a utilização das matérias-primas necessárias, bem como o peso da carga a ser calculada e também o seus respectivos custos. Conforme Tabela 2 que exemplifica onde são armazenadas todas as informações de todas as matérias-primas quanto a concentração química de cada ferro liga e seu devido custo.

### Tabela Comparativa de tempo e custos

Condição Anterior, tempo para calcular carga metálica

|   |                |
|---|----------------|
| Tempo para calcular uma carga(minutos)                  | 10             |
| Total de carga calculada por dia                        | 63             |
| Tempo gasto para calcular cargas por dia (HORAS)        | 10,50          |
| Tempo gasto para calcular cargas por mês(HORAS)         | 231,00         |
| <b>Tempo gasto para calcular cargas por ano (HORAS)</b> | <b>2772,00</b> |

Condição Atual, tempo para calcular carga metálica

|  |       |
|--|-------|
| Tempo para calcular cargas uma carga(minutos)    | 1     |
| Total de carga calculada por dia                 | 63    |
| Tempo gasto para calcular cargas por dia (Horas) | 1,05  |
| Tempo gasto para calcular cargas por mês (Horas) | 23,10 |
| Tempo gasto para calcular cargas por ano (Horas) | 277,2 |

#### Resultado Financeiro Obtido Com Implantação do Programa Cálculo de Carga

|   |        |                     |
|---|--------|---------------------|
| TOTAL ENCONOMIA COM GUSA FC ANUAL         | ( + )  | R\$22.282,79        |
| TOTAL ENCONOMIA COM GUSA FN ANUAL         | ( + )  | R\$32.869,69        |
| TOTAL REDUÇÃO NOS CUSTOS                  |        | <b>R\$55.152,48</b> |
| GASTOS PARA CONCLUSÃO DO PROJETO          | ( - )  | R\$2.500,00         |
| <b>TOTAL ECONOMIA ANUAL COM O PROJETO</b> |        | <b>R\$52.652,48</b> |
| TEMPO P/ AMORTIZAÇÃO DO PROJETO           | (DIAS) | 17,33               |

O quadro 2 exemplifica a tela onde é executado o calculo de carga de uma liga de ferro fundido Nodular na planilha do programa de calculo de carga, neste é informado o peso total da carga a ser calculado, a composição química desejada inicial e o peso do retorno compatível coma liga ferro fundido Nodular disponível no estoque de matéria prima. Após a informação destes três itens automaticamente a carga é calculada, informando ao colaborador o resultado da composição química final da carga, bem como a visualização dos custos gerados pela constituição da carga de ferro fundido nodular solicitada.

Após o treinamento do colaboradores envolvidos para trabalharem com o novo processo de calculo de carga metálica, com o auxilio de uma planilha eletrônica, percebeu, que isto,

gerou vários benefícios para os colaboradores e para o setor de fusão, conforme segue os comentários dos três níveis hierárquicos que fazem o uso deste trabalho, no quadro 3.

Quadro 2 - Cálculo de carga da liga para Ferro Fundido Nodular, Liga 02

| Total Programado                                |                 |               | (% de elementos químicos) |             |             |             |             |             |             |             |    |    | Custo da Carga |
|---|-----------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|----|----------------|
| Composição Química Desejada inicial             |                 |               | 3,95                      | 1,80        | 0,20        |             |             |             |             | 0,90        |    |    |                |
| Matéria-prima                                   | Rastreabilidade | Peso M. P.    | C                         | Si          | Mn          | Cu          | P           | S           | Cr          | Mo          | Ti | Sn | Vlr/Kg         |
| Sucata de Aço B Mn                              | 0               | 202,60        |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    | 94,01          |
| Gusa Nodular Si baixo                           | 1611/04         | 255,00        | 1,10                      | 0,38        | 0,01        |             | 0,02        | 0,00        |             |             |    |    | 244,29         |
| Gusa Nodular                                    | 1398/04         | 325,00        | 1,38                      | 0,75        | 0,04        |             | 0,03        | 0,01        |             |             |    |    | 311,35         |
| CAVACO CUFFs                                    | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| CAVACO FN                                       | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| CAVACO FC                                       | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Ret CUFFs                                       | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Ret FV  | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Retorno FN40                                    | 0               | 200,00        | 0,74                      | 0,60        | 0,03        | 0,04        | 0,01        | 0,00        |             |             |    |    | 74,00          |
| Retorno FN 50                                   | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Retorno FN 60                                   | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Retorno FN 70                                   | 0               |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| SiC   | TESTE           |               |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| <b>Resultados Retornos</b>                      |                 | <b>780,00</b> | <b>3,22</b>               | <b>1,73</b> | <b>0,08</b> | <b>0,04</b> | <b>0,05</b> | <b>0,01</b> |             |             |    |    | <b>723,65</b>  |
| Grafito Unicarbo 80                             |                 | 7,39          | 0,73                      |             |             |             |             |             |             |             |    |    | 10,45          |
| FeSi 75%  | 1396/04         | 0,72          | 0,00                      | 0,05        |             |             |             |             |             |             |    |    | 2,59           |
| FeMn  | 1477/04         | estourado     |                           |             |             |             |             |             |             |             |    |    |                |
| Fe Molibidênio                                  | 1395/04         | 15,00         | 0,00                      | 0,02        |             |             | 0,00        | 0,00        | 0,03        | 0,90        |    |    | 1079,75        |
| Sucata Cu                                       | 0               | 1,68          |                           |             |             | 0,16        |             |             |             |             |    |    | 15,86          |
| <b>Somatório Correção</b>                       |                 | <b>17,40</b>  | <b>0,73</b>               | <b>0,07</b> |             | <b>0,16</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,03</b> | <b>0,90</b> |    |    | <b>1108,65</b> |
| <b>Peso e Composição química final da carga</b> |                 | <b>797,40</b> | <b>3,95</b>               | <b>1,80</b> | <b>0,08</b> | <b>0,20</b> | <b>0,05</b> | <b>0,01</b> | <b>0,03</b> | <b>0,90</b> |    |    | <b>1832,30</b> |

Fonte: Exemplos organizados pelo autor

Quadro 3 – Comentários dos Níveis Hierárquicos Envolvidos.

| Unidade  | Comentários   |
|--|---|
| <b>gerência da unidade da unidade de fundição</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Com a redução do tempo gasto com o calculo de carga agora as lideraçes e supervisão podem acompanhar e controlar o processo de produção de fundidos, controlando a temperatura de vazamento, tempo de enchimento dos moldes, tempo de desmoldagem correto das peças e maior controle do processo de nodularização das peças fundidas em ferro fundido nodular, possibilitando a repetibilidade dos calculos de carga de forma simples e agil.</li> </ul>  |
| <b>supervisores e dos Líderes e do setor de fusão:</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Os elementos de ligas foram todos cadastrados em uma única planilha de fácil acesso, portanto, não precisaremos mais ter anotações paralelas para efetuar o calculo das cargas metálicas.</li> <li>•Posso calcular qualquer quantidade de metal para carregar no forno, apenas informando o peso da carga, que foi solicitado pelo PCP.</li> <li>•Como foi criado uma planilha para cada tipo de liga, não tenho como errar o cálculo, só preciso fornecer as informações de composição química retirada da ficha técnica, para cada tipoa de peça.</li> <li>•Agora quando acontece a incidência de alguma carga contaminada, basta informar a composição química obtidas na planilha de calculo de carga, que conseguimos fazer a diluição dos elemntos que se encontram fora da faixa de composição quimica especificada na ficha técnica.</li> </ul>   |
| <b>forneiros e dos preparadores de carga metálica do setor de fusão:</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•As informações para pesar as matérias-primas na preparação de caga, agora vem impressa de forma legível, indiferente do lider ou supervisor que calculou, pois, são todos impressa no registro de processo, e não mais entregues sob a forma de rascunhos, isso aumentou a nossa produtividade, pois fica rápido entender o que foi solicitado para cada fornada.</li> <li>•Como é rápido para calcular a carga, nos mesmos podemos calcular as cargas na ausência dos líderes ou do supervisor.</li> <li>•Com o novo sistema de calcular as cargas metálicas, ficou tão simples, que possibilitou qualquer colaborador do setor fazer os calculos sem gerar prejuizo por erro de calculo.</li> <li>• Agora conseguimos controlar o estoque intermediário de retornos baixo, pois, conseguimos fazer alterações rápidas na composição da carga, conforme quantidade de cada tipo de liga dos retornos disponíveis.</li> </ul> |

Fonte: Exemplos organizados pelo autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o envolvimento e apoio da equipe da fusão da Metalúrgica Riosulense S.A foi possível alcançar o objetivo geral de desenvolver uma nova fórmula de calculo de carga metálica, utilizando técnicas de MCDA, que resultaram na elaboração de uma planilha para efetuar calculo de carga com maior flexibilidade e agilidade.

Apartir desses dados utilizando-se a metodologia MCDA para elaboração da planilha da composição química, nesta planilha pode-se também visualizar os custos das matérias-primas, controlar as variáveis da composição química e os residuais dos elementos de liga.

Ao final, entrevistou-se os colaboradores que participam do processo e transcrevemos seus comentários, destacamos um dos comentários que diz o seguinte “Com

o novo sistema de calcular as cargas metálicas, ficou tão simples, que possibilitou qualquer colaborador do setor fazer os cálculos sem gerar prejuízo por erro de cálculo”.

O desenvolvimento desse trabalho possibilitou uma maneira de calcular a carga rapidamente, visualizando os custos das matérias-primas, com todas as fontes de dados padronizadas, possibilitando também controlar os valores residuais dos elementos de ligas e o maior controle sobre as variáveis da composição química. Com isso foi possível reduzir o tempo de 2.772 horas anual com cálculo de carga, para apenas 277,20 horas anuais com o novo programa.

Com este trabalho, observou-se, a importância da participação e oportunização de treinamento, aperfeiçoamento e motivação dos colaboradores, possibilitando o atendimento à nova forma de se calcular as cargas metálicas. Desta forma foi possível reduzir o consumo de ferro gusa no ferro fundido cinzento “FC” com uma economia anual de R\$ 22.282,70, e reduzido também o consumo de ferro gusa no ferro fundido nodular “FN” com uma economia anual de R\$ 32.869,69.

A avaliação das ações potenciais via MCDA, na Metalúrgica Riosulense S.A. possibilitou ao autor encontrar soluções a um problema técnico e de difícil entendimento com metodologias convencionais. Mas para isso o autor teve de trabalhar com afinco para organizar a fundamentação teórica, capaz de fornecer suporte aos componentes da equipe de trabalho, com informações técnicas sobre o processo produtivo de fundição aliado a ferramenta de apoio a decisão.

Baseado nos elementos primários de avaliação “EPAs” encontrados, discutiu-se conjuntamente as lideranças da empresa visando organizar as idéias de forma clara, objetiva, produtiva e eficaz na solução do problema, possibilitando criar uma planilha eletrônica para execução dos cálculos matemáticos, do cálculo de carga, conforme quadros, para obtenção da composição química das peças automobilísticas com maior agilidade e confiabilidade das informações, minimizando o risco de erros. O problema limitou o número dos elementos primários de avaliação, porém ampliou horizontes no tocante a absorção de conhecimentos para o uso desta ferramenta de apoio à decisão, oportunizando o aprendizado.

Também foram desenvolvidas ferramentas, “pontos de vistas fundamentais e seus descritores”, itens de controles para serem avaliados em trabalhos futuros permitindo a oportunidade de novos projetos de conclusão de curso, a fim de ampliar os benefícios proporcionados por este trabalho, sendo disponibilizado também nas figuras 15a, 15b e 15c onde estará sendo controlado todo o processo produtivo, através do controle dos custos de produção, da qualidade dos produtos fundidos e da produtividade do setor de fusão da unidade de fundição.

## REFERÊNCIAS

- ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLER, Gilberto Neto; NORONHA, Sandro Macdonald. **Apoio à Decisão: Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas.** Florianópolis: Insular, 2001.
- GODOY, Arilda Schmidt. **Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de Empresas.** São Paulo v. 35, n. 2, p. 57 - 63; n.3, p. 20 - 29; n.4, p. 65 - 71 mar/ag.1995.
- SOARES, Marcos. **Ferros e Aços.** MSPC Informações Técnicas, 2008. Disponível em: <www.mspc.eng.br>. Acesso em: outubro 2004.