

# Simulação Numérica como Diferencial Competitivo em Empresas do Setor de Fundição

**Eng. Sirnei César Kach**  
[sirneikach@hotmail.com](mailto:sirneikach@hotmail.com)  
**UFSM**

**Adm. Reinaldo J. Oliveira**  
[rjo.oliveira@yahoo.com.br](mailto:rjo.oliveira@yahoo.com.br)  
**CEETPS**

**Msc. Lidiane Ribeiro da Veiga**  
[lidianeveiga@yahoo.com.br](mailto:lidianeveiga@yahoo.com.br)  
**FEMA**

**Dr. Antonio César Galhardi**  
[prof.galhardi@fatecj.edu.br](mailto:prof.galhardi@fatecj.edu.br)  
**CEETPS**

**Resumo:** A competitividade das empresas pode ser afetada pelo elevado tempo de fabricação, os preços finais e a qualidade do seu produto. Nesta competitividade entre empresas do mesmo segmento de fundição, há uma necessidade de evolução constante no processo gerencial e produtivo. A gestão otimizada faz com que os investimentos em tecnologia de dados e métodos sejam necessários de forma constante, para que a empresa desenvolva estratégias para se manter competitiva. Este artigo tem o objetivo de demonstrar como o software de simulação numérica pode ser considerado como um diferencial competitivo para as empresas do setor de fundição, objeto do estudo. Para desenvolver o trabalho a metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e o estudo de múltiplos casos em empresas de fundição, de diferentes porte. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu através de entrevistas com os gestores responsáveis pelo software de simulação numérica na empresa. Conclui-se assim que, após a implantação do software de simulação numérica, que serve de suporte de extrema valia técnica nas fundições, as empresas vem obtendo melhores resultados, ou seja, a simulação numérica é considerada pelas empresas pesquisadas como um investimento que suporta tecnicamente a fundição, reduzindo custos e desperdícios.

**Palavras Chave:** Simulação - tecnologia - gestão - decisão - otimização

## 1. INTRODUÇÃO

As empresas estão inseridas em um ambiente altamente competitivo, o que faz com elas desenvolvam estratégias que proporcionem a continuidade do negócio. Dentre os aspectos que devem ser considerados estão às exigências quanto à qualidade do produto, prazos de entrega cada vez mais curtos e custos reduzidos constantemente.

Para poder atender estas exigências as empresas buscam desenvolver estratégias que contemplem os aspectos mencionados anteriormente. Suas estratégias devem atender as necessidades e os anseios de seus clientes, de forma que eles percebam que os produtos apresentam um diferencial competitivo. A estratégia competitiva desenvolvida pela empresa consiste em desenvolver o negócio e criar iniciativas que atraiam o cliente, ao mesmo tempo que suportam as pressões mercadológicas proporcionem por um melhor posicionamento no mercado.

Neste contexto, este artigo tem o objetivo de demonstrar como a implementação de um *software* de simulação pode ser considerada uma fonte de vantagem competitiva para as organizações pesquisadas. O estudo tem como foco o setor de fundição de metais no Brasil, o qual é formado por aproximadamente 1,4 mil empresas, sendo que 95% destas tem perfil de pequeno e médio porte, que geram em torno de 68 mil empregos. A produção de peças fundidas em ferro, aço e ligas não ferrosas se destina, principalmente, aos setores: automotivo, de máquinas, de equipamentos, de energia, ferroviário e mineração. Dentre as informações relevantes destaca-se que em 2012 o faturamento foi de mais de US\$ 13 bilhões, com exportações totais de US\$ 1,32 bilhão (Apex-Brasil, 2013).

A pesquisa torna-se relevante considerando que a produção brasileira de peças fundidas é de aproximadamente 3 milhões de toneladas anuais, o que colocou o Brasil na sétima posição do *ranking* entre os maiores produtores globais, com, aproximadamente, 60 mil empregos diretos. (CARDOSO *et al.*, 2011)

A metodologia utilizada para a realização do estudo é a pesquisa bibliográfica, em que são abordados os fundamentos da estratégia e da competitividade; e o estudo de múltiplos casos em três empresas do ramo de fundição, através dos quais se obteve os resultados quanto a percepção da empresa em relação aos ganhos de competitividade que se obteve com a implementação do software de simulação.

Desta forma, para o estudo atingir ao objetivo proposto, o artigo está estruturado da seguinte forma: referencial teórico, em que foram desenvolvidos os temas que embasam a pesquisa; metodologia, através da qual foi classificado o estudo e explanado como foram coletadas e tratadas as informações; o estudo de múltiplos casos, através do qual obteve-se através de entrevistas, as contribuições geradas pelo software para as empresas e a conclusão do estudo.

## 2. COMPETITIVIDADE

Um jogo com outros jogadores adversários, onde não há fim, mas há vencedores diários, que são aqueles que alcançam o objetivo máximo da organização, a missão. Missão esta que está fundamentada no atendimento aos requisitos dos *stakeholders*, principalmente dos clientes, que são em última instância a razão de ser da organização, que lhe dão sustentabilidade e prospecção de futuro. Assim, pode-se ilustrar o que é competitividade. Em suma, buscar uma rentabilidade superior a dos seus concorrentes, antes que eles o façam.

Para Porter (1989) competir está na essência do negócio, pois a concorrência na indústria, seja qual for, é uma constante. E concorrer não somente com outras empresas do mesmo ramo, mas também disputar espaço no mercado com potenciais entrantes, substitutos, fornecedores e clientes. Uma disputa sistêmica, contra todos e contra si mesmo. Assim,

apresenta-se o mercado contemporâneo, uma arena de contendas onde ter um diferencial competitivo, que lhe traga vantagem competitiva, é a busca incessante necessária à sobrevivência do negócio. Assim sendo, competir é a causa e a consequência para a existência das empresas.

Chiavenato e Sapiro (2003) confirmam que competir está no cerne das organizações de mercado, que o novo século trouxe desafios competitivos, que resultam na geração de margens e retornos superiores. Os autores afirmam que há uma nova natureza da competitividade, nos ciclos econômicos, na velocidade das mudanças, na transnacionalidade do mundo, na globalização, na tecnologia da informação, num ambiente de trabalho mutável e na inovação, e em todas as consequências que vieram à tona com tudo isso.

Diferentes fases permearam a competição nos negócios. Desde a revolução industrial, que se iniciou pela disputa do mercado de *commodities*, passando pelo início do século XX e sua produção em massa, em que Henry Ford, Alfred Sloan Jr. e Chester Barnard, empírica ou teoricamente, impulsionaram o conhecimento sobre competição. A década de 1950, pós-guerra, é marcada pela introdução do planejamento estratégico como ferramenta para a competitividade, enquanto que na década seguinte desenvolve-se a análise SWOT. Ansoff e Steiner sistematizam o planejamento estratégico, dinamizando-o e inserindo a noção de UEN (Unidades Estratégicas de Negócio). Hamel e Prahalad adotam o conceito de competências essenciais para criação de vantagem competitiva, e mais atualmente a flexibilização dos planejamentos dão a tônica para a competitividade. (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003).

Segundo Meneghetti (2002), para se obter e manter vantagem competitiva em relação à concorrência, as empresas devem estar atentas às prática de mercado e as opções a serem praticadas no futuro, sendo necessária especial atenção aos investimentos, aos custos, ao investimento em novas tecnologias, ao incentivo à proatividade e ao pioneirismo em processos, procedimentos e produtos.

Ferraz, Kupfer e Haguener (1997) *apud* Quartucci (2007, p.32) conceituam competitividade como “a capacidade da empresa formular e implementar estratégias, concorrências (sic), que lhe permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado.”

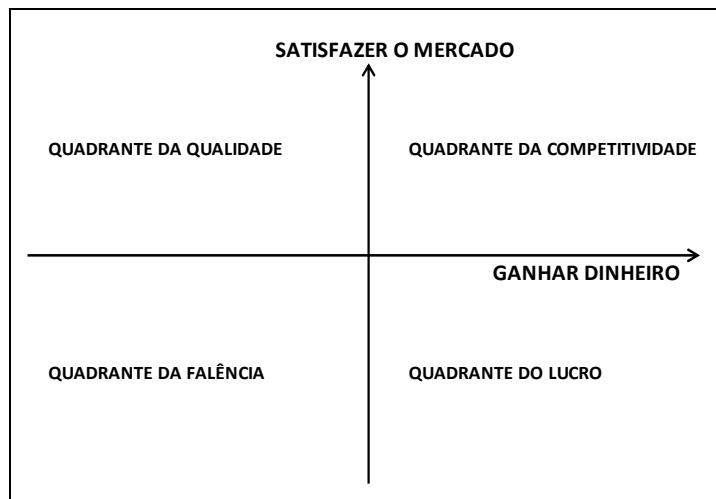
Maramaldo (2000) define competitividade como sendo a melhor combinação possível entre satisfazer o mercado no qual a empresa atua e ganhar dinheiro, o que dá a indicação necessária para o processo decisório das organizações. Porém, são metas conflitantes, e atendê-las equitativamente passa a ser o desafio competitivo.

De acordo com Hitt, Ireland e Hoskisson (2003, p.144), para alcançar a competitividade estratégica e auferir retornos superiores à média, uma empresa deve analisar o seu ambiente externo, identificar as oportunidades nele existentes, determinar quais de seus recursos e capacidades internas são competências essenciais e selecionar a estratégia mais adequada para que seja implementada. Destacam ainda que estratégia “é um conjunto integrado e coordenado de compromissos e ações cujo objetivo é explorar as competências essências e alcançar uma vantagem competitiva.”

Para visualizar o nível de competitividade de uma empresa, Maramaldo (2000) aponta que é essencial um comparativo com seus principais concorrentes. Para realização desse comparativo são necessários dois indicadores básicos: a satisfação de Mercado, que define a expansão da empresa em relação a seus concorrentes e o crescimento no faturamento nos últimos cinco anos; e ganhar dinheiro, quando os resultados líquidos são comparados nos últimos cinco anos, para verificar se houve crescimento significativo.

De acordo com o Autor, ao satisfazer os clientes, obter os níveis de faturamento e lucro desejáveis, é possível identificar que a empresa é competitiva, sendo necessário para isso relacionar o desempenho da empresa sob quaisquer condições externas de mercado, o que determinará o seu sucesso ou fracasso.

O Modelo da Dinâmica da Competitividade, apresentado por Maramaldo (2000), indica que a busca da vantagem competitiva pode resultar em quatro possibilidades diferentes que estão divididas em quatro quadrantes: o da qualidade, da competitividade, da falência e do lucro; conforme está ilustrado na Figura 1.



**Figura 1:** O modelo da dinâmica da competitividade

Fonte: Maramaldo (2000).

O quadrante da falência é representado pelas organizações que não satisfazem o mercado e nem ganham dinheiro, isto é, não sobreviverão às exigências competitivas do mercado. Já empresas que procuram atender os requisitos dos clientes e consequentemente estão satisfazendo o mercado, podem estar saindo da situação do quadrante anterior, e ainda não ganhar dinheiro, mas estarão caminhando nesta direção. Outro caminho a ser adotado é o da diminuição repentina de custos, que podem gerar insatisfações no mercado consumidor e positivamente no ganhar dinheiro, pelo aumento da margem de contribuição, reposicionando à empresa para o quadrante do lucro. Este quadrante, segundo o Autor, é arriscado, pois pode levar à perda de clientes, e em curto prazo à insustentabilidade da condição de caixa positivo. (MARAMALDO, 2000).

O quadrante ideal e satisfatório é o da competitividade, em que as duas metas, apesar de conflitantes, são atendidas, proporcionando a condição de competitividade desejada. Os dados empíricos coletados para esta pesquisa corroboram com esta busca, assim como a eficiência do processo de produção, quanto a minimização de erros e de tempo, o que decorre da eficiência produtiva, e consequente proporciona a diminuição dos custos e o aumento da margem, alcançando o que o Autor indicou como sendo necessário para adentrar ao quadrante da competitividade. (MARAMALDO, 2000).

Desta forma, observa-se que as estratégias desenvolvidas pelas empresas vão ao encontro do quadrante da competitividade, uma vez que é considerado o quadrante de melhor posicionamento, uma vez que as metas e os objetivos desejados pelas organizações são atingidos de forma satisfatória.

Porém, outras teorias também compõem o assunto. Prahalad e Hamel (2005) apresentam outra possibilidade pela busca da competitividade, conforme está demonstrado na Figura 2. Entendem que a busca pela competitividade pode vir através de três meios

diferentes: a reestruturação do portfólio e downsizing, a reengenharia de processos e melhoria contínua, e por último, a reinvenção dos setores e regeneração de estratégias. Cada uma destas alternativas apresenta vantagens e desvantagens, como as demais alternativas que possam ser desenvolvidas no ambiente da organização.

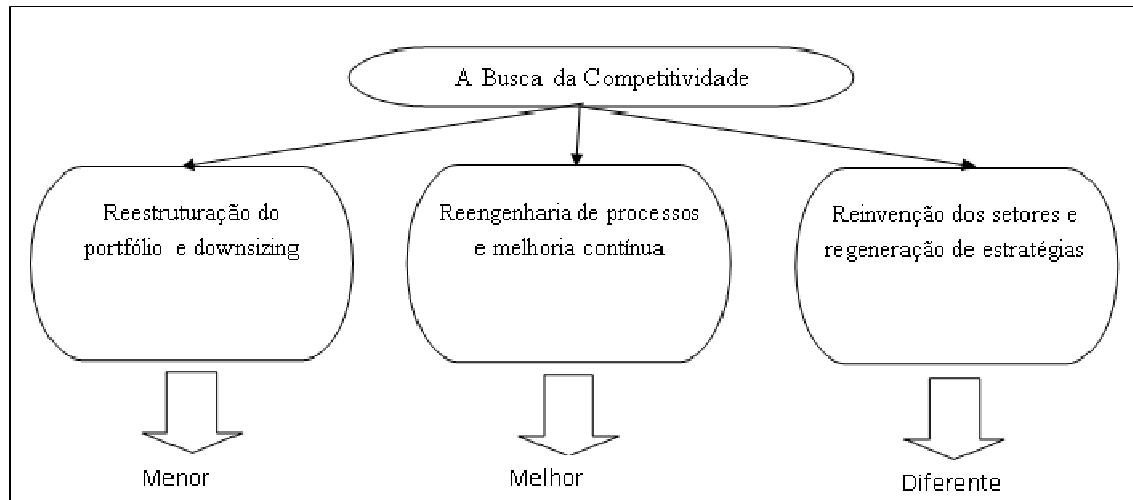


Figura 2. A Busca da Competitividade

Fonte: Adaptada de Prahalad e Hamel (2005).

A perda da liderança por diversas empresas que não acompanharam as mudanças, principalmente tecnológicas, vieram acompanhadas da necessidade de transformação organizacional, que por sua vez carregavam o downsizing, redução de despesas administrativas, empowerment, redesenho de processos e racionalização de portfólio. Apesar de importantes, nenhuma destas iniciativas é capaz de angariar novamente a posição de liderança, nem no presente e nem no futuro. (PRALAHAD e HAMEL, 2005).

Como alternativa para a busca da competitividade pela reestruturação, empresas mais atentas iniciaram a reengenharia de processos, erradicando trabalho desnecessário, apontando os processos para a satisfação do cliente, redução do tempo do ciclo e para a qualidade total. A desvantagem associada a este processo é que em geral o mesmo alcança os concorrentes, e não superá-los. Assim, “embora tentem frequentemente transformar a imitação em virtude e vesti-la com as cores modernas da capacidade de adaptação, muitas vezes os gerentes estão se adaptando a estratégias preventivas de concorrentes mais criativos.” (Prahalad e Hamel, 2005, p. 16). Emparelhar-se aos concorrentes é necessário, porém não levará nenhuma organização à liderança.

Assim, o uso de tecnologias de simulação, objeto de pesquisa deste artigo, apresenta-se como uma forma das empresas de fundição, que nesta pesquisa estão representadas por três casos distintos, porém, com característica comum por utilizarem o mesmo software, estimularem outras empresas a desenvolver uma condição desafiante, inovadora e criativa, que corrobora com o que Prahalad e Hamel (2005) apresentam como sendo o necessário para as empresas serem consideradas diferentes, nem menores, nem melhores, mas competitivas.

## 2.1. ANÁLISE ESTRUTURAL DAS INDÚSTRIAS

As indústrias que estão se mantendo ativas no mercado enfrentam o poder da concorrência, que influencia os seus negócios. De acordo com Porter (1986) *apud* Lasta, Godarth e Faria (2013), o crescimento da concorrência traz queda nas margens de lucro das indústrias, consequentemente a rentabilidade reduz e seus ganhos diminuem, impactando na competitividade. Essa influência traz para o mercado um conceito de concorrência perfeita para o consumidor, que pode usufruir de opções, escolhendo o preço mais baixo.

Costa *et al.* (2007) destaca que o ingresso de novas empresas no mercado acarretam mudanças para várias organizações, obrigando seus administradores a se adaptarem aos setores econômicos mundiais.

Segundo Porter (1989) o que determina o grau de concorrência dentro de qualquer empresa, seja ela do mercado nacional ou internacional, são as cinco forças básicas:

- a) Ameaças de novas empresas;
- b) Ameaças de novos produtos;
- c) Poder de barganha dos fornecedores;
- d) Poder de barganha dos compradores;
- e) Rivalidade entre os competidores existentes;

O Autor afirma também que esse conjunto de forças determina o poder de mercado da indústria, podendo justificar seus lucros no longo prazo. O poder de cada força citada varia de acordo com a estrutura de cada indústria, podendo ser favoráveis ou negativas, mudando de acordo como cada força pressiona a indústria. É necessário estar ciente destas forças, pois de acordo com Mintzberg *et al.*:

O objetivo das cinco forças é mostrar para as empresas o fator ou fatores que determinam a rentabilidade, pois estes influenciam diretamente no custo dos produtos elaborado pelas empresas, elemento essencial para determinar o lucro e por consequência a competitividade. (2006, p.96).

Em um estudo realizado sobre as estratégias competitivas em um mercado varejista, Perdigão, Perdigão e Moraes (2012) relatam que a força rivalidade entre concorrentes é bastante intensa, sendo a ameaça de novos entrantes outra força que merece destaque devido às baixas barreiras de entrada. Outra ameaça significativa é o poder de barganha dos clientes, que contribui para a redução dos preços e, consequentemente, para a redução da lucratividade. O poder de barganha dos fornecedores se mostrou com pouca intensidade. A ameaça de produtos substitutos também não se configura com grande intensidade. A força ou as forças competitivas mais intensas determinam a lucratividade do setor e são as mais importantes para a formulação da estratégia.

## 2.2. AS INDÚSTRIAS DE FUNDIÇÃO DE METAIS NO BRASIL

O processo de fundição de metais, cujo início se deu ainda na época pré-histórica, possui como características básicas a fusão de metais e vazamento dos mesmos em moldes, com a finalidade de produzir as formas básicas requeridas, através de diferentes métodos de fundição, e transformá-las em uma infinidade de produtos (KONDIC, 1973).

Desde os primeiros anos do século XXI a indústria de fundição ocupa lugar importante dentre os vários segmentos da economia, ao se caracterizar pela produção de bens intermediários em diversos setores, contribuindo, desta forma, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento do País (CASTRO e ANTONIALLI, 2005).

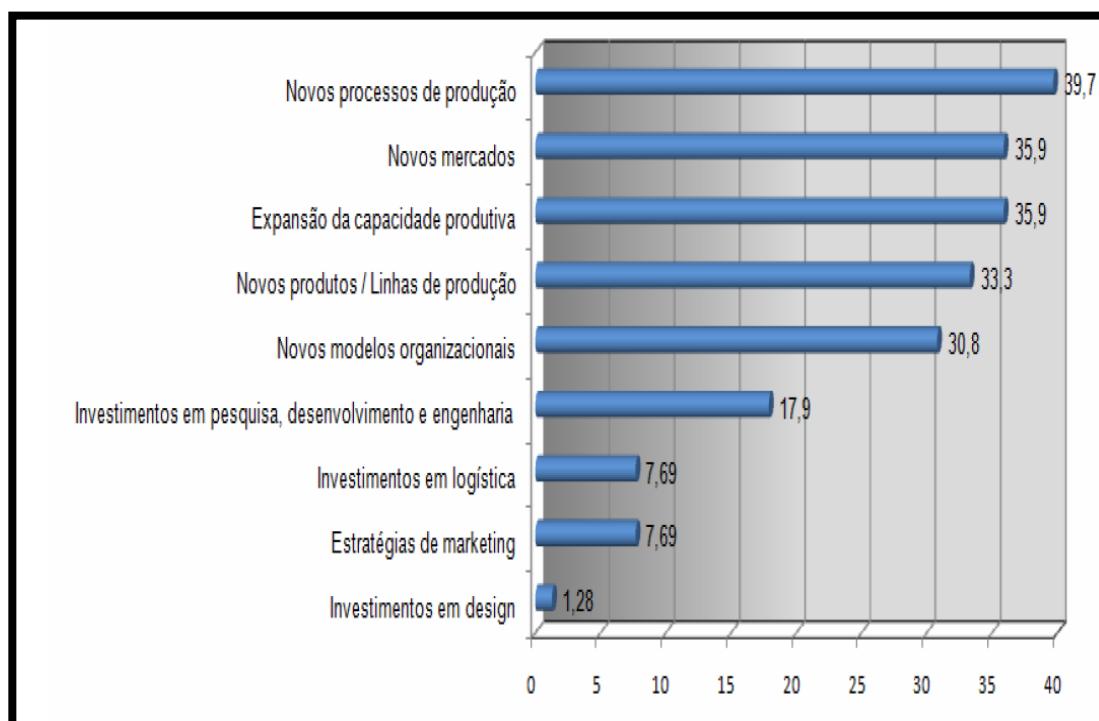
A indústria de fundição está constantemente enfrentando novos desafios. Além do aumento das demandas econômicas, especialmente em relação à mão de obra e aos recursos materiais, ela deve atender às demandas técnicas relacionadas com a qualidade do produto, documentação e tempo de entrega (BONOLLO e ODORIZZI, 2001).

Observa-se assim que, tornam-se necessários um estudo e um planejamento bem elaborado, de forma que auxilie o processo de tomada de decisão, o qual deve ser feito para médio e longo prazo, pois envolve muitas vezes investimentos de valores elevados em equipamentos ou em tecnologia aplicada.

Um dos desafios das pequenas fundições reside no fato de educar o empresário para a questão da gestão como fator diferencial de sucesso, conhecer e aplicar adequadamente as ferramentas econômicas e financeiras, a partir das informações do negócio, o que se tornou fundamental para obter estratégia competitiva; bem como os custos de produção das peças por meio de informações e processos medidos para conseguir vender seus produtos a preços competitivos e com resultado. (MORAES *et al.*, 2007).

A partir do crescimento da internacionalização da economia intensificou-se a necessidade da reorganização dos fatores produtivos e os modos de gestão empresarial com a finalidade de compatibilizar a organização com padrões internacionais de qualidade e produtividade. (OLAVE e AMATO NETO, 2001).

Segundo pesquisa realizada por Fagundes (2010), as empresas de fundição no Brasil estabeleceram entre os anos de 2005 e 2010 algumas estratégias importantes de negócios – conforme ilustra a Figura 3. O destaque é para o investimento em novos processos de produção, o qual foi apontado por 39,7% das empresas entrevistadas como o mais relevante. Seguido da expansão da capacidade produtiva e da abertura de novos mercados (com 35,9%), de novos produtos/linhas de produção (33,3%) e novos modelos organizacionais (30,8%).



**Figura 3:** Estratégias de negócios das empresas para 2010 a 2015  
 Fonte: Fagundes (2010, p. 69)

Segundo o mesmo autor, nos cinco anos seguintes – a partir de 2010, processo este ainda em vigor – as empresas informaram algumas estratégias de negócios, tais como: investimentos em expansão da capacidade produtiva (com 66,7%), seguida de 690 novos processos de produção (com 61,4%), novos produtos / linhas de produção (com 52,6%) e novos mercados (com 47,4%).

Fagundes (2010) publicou ainda uma análise dos investimentos em tecnologia que revelou a estratégica das empresas de fundição de metais do Brasil. As empresas que adotaram a tecnologia incorporada no processo indicaram priorizar o uso da mesma. Dentre os objetivos considerados estão: a melhoria da qualidade dos produtos (77,8% das indicações), redução de custos com mão de obra (61,1% das indicações) e ampliação da produção (50% das indicações), conforme apresentado na Figura 4.



**Figura 4:** Objetivo das empresas ao investir em tecnologia

Fonte: Fagundes (2010, p. 71)

Dentre as possibilidades que as organizações podem desenvolver para sustentar sua vantagem competitiva, Costa et al. (2009) destacam dois aspectos: baixo custo e diferenciação; os quais podem ser observados pelas empresas de fundição no Brasil.

As críticas ao planejamento estratégico poderão ser amenizadas à medida que o desenvolvimento do processo ocorrer de forma metódica e com maior envolvimento de todos, iniciando pelos níveis de comando, passando pela média gerência, supervisão, coordenação e chegando aos níveis operacionais da organização, em destaque as de fundição de metais no Brasil (COSTA et al., 2009).

A inovação deve fazer parte dos processos estratégicos. De acordo com Tether (2003) ela é amplamente percebida pelas empresas e países como fundamental para a competitividade, porém existe frequentemente uma confusão entre inovação e as realizações que ocorrem nas empresas.

Freeman e Soete (2000) destacam que a inovação tecnológica é impulsionada por descobertas científicas, mas também induzida pela demanda.

As empresas de fundição devem dar atenção ao aspecto da inovação como diferencial competitivo, assim como aponta Perez Júnior, Oliveira e Costa (2009), que destaca a diferenciação como fator de aumento da competitividade.

Já no ano de 2004, em estudo realizado por Prazeres nas fundições de metais do estado de Minas Gerais, o qual é o segundo maior produtor de fundidos do Brasil, a inovação tecnológica era considerada estratégica e necessária por 99% das empresas, sendo que 40% delas afirmaram que investiam em tecnologia como forma de se adaptar a um ambiente em mudança e 58% das empresas reconheceram a necessidade de realizar investimentos em inovação e admitiram que não tinham capacidade, naquele momento, de fazê-lo. (PRAZERES, 2004).

Ainda para Freeman e Soete (2000), o desenvolvimento da ideia de potencial econômico em novos produtos e processos exige muitas etapas de experimentação em que as possibilidades de mercado interagem com a ideia original. A pesquisa de Fagundes (2010), apresentada na Figura 4, destaca que quase 78% das empresas de fundição de metais no Brasil

pretendem investir em tecnologia para melhoria dos processos produtivos, o que pode ser considerada como uma vantagem competitiva.

Isso é frequentemente observado no mercado de fundição de metais no Brasil, dado o seu elevado potencial de fabricação de componentes técnicos e necessidades dos clientes finais, em destaque para o setor automobilístico, para o qual a indústria de fundição de metais no Brasil fornece o maior percentual em volume de metal, quando comparado aos demais setores da economia.

Segundo a análise de Porter (2004), a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu ambiente, ou seja, as indústrias em que ela compete, o que reforça a importância de se observar a pesquisa publicada por Fagundes (2010), em que foram analisadas as indústrias de fundição de metais nos cinco anos anteriores e nos cinco posteriores ao estudo, além do apontamento da utilização da tecnologia como um diferencial competitivo neste setor.

Conforme destacam Berndt e Coimbra (1995) é uma boa oportunidade para a empresa de fundição de metais prever as tendências e se antecipar a elas.

### 2.3. USO DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA NAS INDÚSTRIAS DE FUNDIÇÃO

A utilização da Simulação Numérica como ferramenta de trabalho na engenharia de fundição está apresentando uma utilização crescente e cada vez mais eficiente na otimização de projetos e processos (VERRAN, OLIVEIRA E REBELLO, 2000).

De acordo com Saxton *et al.* (2005), existe a necessidade de evolução tecnológica das organizações. Com suporte da pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, surgem softwares de simulação que criam um suporte técnico diferenciado nas empresas de fundição, auxiliando a evolução gradativa com base nos dados de ensaios e simulações.

Existem softwares que simulam o processo de fundição, possibilitando a visualização do comportamento do metal ao preencher o molde e ainda identificar uma série de dados relevantes para avaliação do processo, seja para prever falhas ou para implantar melhorias (LANA, 2010).

Estudos de simulação têm sido aplicados em diversos setores como na indústria de manufatura, simulação de sistemas públicos (bancos), sistemas de transporte (logística, transporte de passageiros), na mineração e siderurgia (OLIVEIRA, 2008).

Através da simulação numérica, pode-se identificar várias situações para que se conclua a análise de resultados do comportamento que a peça em fundido terá no molde durante a fundição e posteriormente no resfriamento, levando em conta a temperatura de vazamento, resfriamento, tempo de resfriamento, contração, pontos quentes, etc. Identifica-se também, através de simulações, os detalhes quanto ao desempenho do material. (BILHARZ, 2013).

Após a análise da Simulação Numérica, o analista critica os resultados e, caso seja necessário, introduz modificações. O ciclo se repete até se obter o resultado desejado, ou seja, até se obter o projeto de um fundido sem defeitos relevantes e com bom nível de qualidade. Assim, o tradicional ciclo de tentativa e erro na fundição foi substituído pela simulação em computador (MARQUES, 2008).

Esta evolução e aplicação tecnológica na indústria ocasionou uma redução de desperdícios, movimentações desnecessárias de materiais e ferramentas dentro da indústria. Pois a partir das simulações, a antecipação a um possível problema se tornou mais rápida e construtiva pois a identificação proporciona um trabalho virtual, daí que realmente ocorrerá na fabrica. Ainda com isso a análise pode ser voltada a composição química da peça,

perfil e geometria da mesma. Viabilizando tecnicamente a possibilidade de alteração de forma segura, ou seja, e garantindo sua aplicação e facilitando o processo de fundição.

### 3. METODOLOGIA

A prática do planejamento estratégico e o uso de ferramentas para o aumento da competitividade remetem à abordagem sistêmica da pesquisa, que possibilitou a verificação da relação existente entre os conceitos teóricos e a aplicação do software nas organizações de fundição de pequeno e médio porte no Brasil. Desta forma, esta pesquisa classifica-se quanto à natureza, como uma abordagem qualitativa; quanto aos fins, como exploratória e descritiva e quanto aos meios como bibliográfica.

Quanto a natureza a pesquisa é classificada como qualitativa, pois existe uma relação dinâmica entre o mundo real e a subjetividade. (SILVA E MENEZES, 2001) Nesse sentido, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois se refere ao desenvolvimento do software de simulação numérica como estratégia competitiva nas três empresas de fundição, objeto do estudo.

Quanto aos fins à mesma classifica-se como exploratória, que de acordo com Gil (2008) indica que a pesquisa é desenvolvida com o objetivo de proporcionar visão geral acerca de determinado fato e se volta para temas pouco explorados, ou seja, “se caracteriza pelo desenvolvimento, esclarecimento e modificação de ideias, com o objetivo de oferecer uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato” (GIL, 2008, p. 27). Este tipo de pesquisa é realizada especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado.

A pesquisa classificou-se também, como descritiva por mostrar “características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. As pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação” (GIL, 2008, p. 28).

Por meio da pesquisa bibliográfica busca-se conhecer o que existe de mais relevante sobre o tema a ser pesquisado, com base na mesma. Segundo Bêrni e Fernandez (2012), é possível delimitar o problema com base nas referências teóricas publicadas, além de conhecer e analisar as contribuições do passado.

Para Marconi e Lakatos (2007) a pesquisa bibliográfica pode ser considerada como um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, sendo que toda pesquisa implica em levantamento de dados de variadas fontes.

Aplica-se também um estudo de caso em 03 diferentes empresas do ramo de fundição no Brasil, com o objetivo de explorar informações que associem a aplicação de uma determinada ferramenta de engenharia, que é um software para simulação numérica do processo de fundição de metais, que tem o objetivo tornar a empresa mais competitividade.

Foram realizados estudos de casos múltiplos em três diferentes empresas de fundição de metais. Para Yin (2005), o estudo de caso como estratégia de pesquisa é utilizado para contribuir com o conhecimento que há sobre determinado fenômeno. Baseado neste conceito adota-se a proposta de aplicar o estudo de caso em empresas, com características diferentes, tais como: posição geográfica, mercado em que atua, tamanho da empresa e tempo de uso do software de simulação numérica, as quais se dispuseram a fornecer informações não confidenciais. Segue características das empresas pesquisadas:

- 1) A primeira é uma indústria de fundição de ferro fundido, localizada no estado do Rio Grande do Sul, que produz em média 300 toneladas de material por mês, conta com cerca de 200 colaboradores em seu quadro de funcionários e faz uso de um

software de simulação numérica há menos de 2 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição A.

- 2) A segunda é uma indústria de fundição de aço, localizada no estado de São Paulo, produz cerca de 2600 toneladas de material por mês, 1300 funcionários e faz uso da simulação numérica há 4 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição B.
- 3) A terceira empresa é uma indústria de fundição de ferro fundido cinzento e nodular, localizada no estado do Rio de Janeiro com produção de 5300 toneladas por mês, cerca de 1300 funcionários e faz uso da simulação numérica em fundição há 7 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição C.

O estudo de caso foi baseado em entrevistas semiestruturadas, com profissionais da área de gestão no uso da simulação numérica na engenharia de processos das empresas. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para análise.

#### **4. O ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**

Na Fundição A, o entrevistado quando questionado sobre a vantagem do uso da simulação numérica, comentou que o que se observa não é um ganho expressivo no tempo de projeto em si, mas o tempo e os recursos que ela economiza quando não utilizada o método de tentativa e erro, conforme o conhecimento empírico quanto aos processos de fundição. Com o software de simulação numérica os profissionais conseguem prever a falha e conseguem simular várias versões até chegar a uma condição ideal.

A ideia neste caso é investir um tempo maior simulando, que teoricamente parece perda, mas não é, porque é possível simular até um ponto que se considera ideal para que ocorra a produção e só é realizado o teste prático quando tiver um projeto ideal. Desta forma, o tempo total do projeto pode ser reduzido e o prazo de entrega ao cliente melhorado.

O que a empresa já observou neste caso, foram ganhos de redução de tempo em média de 25% a 30%, quando comparado aos projetos não simulados antes de serem produzidos.

Observa ainda que a competitividade está ligada à imagem que a empresa possui frente ao seu cliente. O entrevistado ainda mencionou que ao apresentar o projeto, observa-se uma percepção diferenciada do cliente, quando é apresentado o software de simulação, o qual é reconhecido no mercado como uma ferramenta eficiente, que busca proporcionar maior desempenho e melhores resultados para as organizações.

A pergunta sobre a melhoria quanto a competitividade teve como resposta que a simulação auxilia na prevenção de erros e pode dar uma melhor condição para o processo produtivo, podendo ainda fornecer itens que outros concorrentes não estão fornecendo, por não terem a tecnologia de simulação, o que pode ser considerado um diferencial, que proporciona maior confiabilidade ao produto, que poderá ser fornecido com garantias de sanidade da peça, o que o cliente busca constantemente, ou seja, um produto que não tenha falhas, ou seja, defeitos na fundição.

Por fim o entrevistado da Fundição A comenta que a empresa tem que ser mais competitiva e, se não for, a tendência é estar fora do mercado.

A Fundição B relatou na entrevista que a estratégia da empresa para o uso do software de simulação está focada no desenvolvimento de novos produtos, na redução de custo e na melhoria dos processos (embora este último tenha relação com redução de custo).

Os relatos do entrevistado revelam que a empresa nestes anos de uso da simulação numérica observou ganhos, na média, de 30 a 35% de redução de custo. Com a simulação, afirmou o entrevistado, a quantidade de peças fundidas para aprovação é menor, consequente

são utilizados menos insumos, a utilização de ensaios de qualidade pode ser reduzida quando se usa a simulação, sendo estes os principais fatores que devem ser levados em consideração, por isso pode-se afirmar que o ganho realmente está entre 30 e 35% dos custos, quando um projeto é simulado, em relação ao não simulado.

O comentário final do entrevistado da Fundição B pode ser sintetizado com o destaque para a vantagem do uso da simulação numérica na fundição: a empresa pode economizar tempo e recursos, o software é adequado para desenvolvimento e melhoria de produto e processo, ocorre a economia de recursos e a melhora a imagem frente ao cliente final.

O entrevistado da Fundição C destacou que o software é utilizado para pesquisa e desenvolvimento e tem um efeito bastante produtivo para a empresa. Relatou que fazem uma simulação inicial para os projetos fundidos, sendo que as modelações terceirizadas fornecem o ferramental completo de fundição, sendo isto muito importante para o desenvolvimento do projeto como um todo.

A importância da simulação é observada a partir do exemplo prático relatado pelo entrevistado da Fundição C. Em função da nacionalização do produto e a demanda alta e urgente, a peça não foi simulada no software. Com esta tomada de decisão equivocada o refugo do item atingiu patamar em torno de 60% nas amostras do item em função da ocorrência de falha. Em função da exclusão desta etapa da simulação, o refugo ocorreu mas após a realização da simulação e ajustes de processo, conseguiu-se manter o refugo do item em torno de 6%, que ocorreu em função da complexidade da geometria e de difícil resolução ou eliminação do refugo.

O entrevistado resumiu que a empresa observa com a simulação uma maior confiabilidade do processo, o que tende a uma redução do tempo final do projeto, menor índice de refugo e redução dos custos envolvidos para aprovação do produto, o que ocorre devido grande parte dos testes serem feitos no software, evitando testes práticos e custos. Também se observa um maior rendimento metálico quando se usa a simulação.

O que fora observado na coleta de dados e nas entrevistas para o estudo de múltiplos casos, nas três empresas de fundição, é que a possibilidade do investimento por parte das mesmas em uma tecnologia do tipo simulação numérica para melhoria da competitividade se fez necessário para manutenção do item na produção e otimização dos resultados em relação ao refugo recorrente.

Observa-se que as indústrias de fundição de metais no Brasil, representadas pelas três empresas que participaram do estudo de caso, quando aplicam a simulação numérica do processo, objetivam conquistar juntos aos seus clientes uma maior credibilidade e gerar melhores resultados da indústria. A aplicação do software auxilia de forma efetiva na tomada de decisão, agregando confiança a equipe técnica no andamento de projetos e processo em discussão.

## 5. CONCLUSÃO

Nota-se que o fator competitividade é fundamental para a sobrevivência das empresas, o que não é diferente para o caso específico das indústrias de fundição no Brasil. Como em qualquer outro setor, o destaque é dado à organização que desenvolve estratégia diferenciada para competir no mercado consumidor, o qual está cada vez mais exigente.

Os desafios são muitos, uma vez que o processo de fabricação de peças por fundição requer investimento em equipamento de fabricação, cada vez mais robustos e produtivos. O que a empresa deve se preocupar é de enquadrar o uso de uma ferramenta, como a de simulação numérica do processo de fundição de metais, para obter vantagem competitiva. Agregar tecnologia em seu processo desde a concepção do produto busca proporcionar a

otimização do processo produtivo, redução de custos, maior qualidade e alcance dos resultados da organização.

Nesta pesquisa fica evidente os ganhos da organização na utilização do software de simulação numérica, método de análise que reduz custos de planejamento, projeto, processo e produção, evidenciando os resultados de forma antecipada dentro do planejamento. Esta visualização de resultados facilita e agiliza a tomada de decisão e ao mesmo tempo torna-se um diferencial competitivo para a organização que busca se manter e prospectar-se no mercado.

## 6. REFERÊNCIAS

**APEX-BRASIL.** Apex-Brasil e ABIFA assinam novo Convênio para Promoção do Setor de Fundição. In: REVISTA DA ABIFA: Fundição e Matéria-primas Ed. 156. Ano XVI. Maio, 2013. <http://www.abifa.org.br/Imagens/File/REVISTAABIFA156.pdf> Acesso em: 24 jun.2013.

**BERNDT, A. e COIMBRA, R.** As organizações como sistemas saudáveis. Revista de Administração de Empresas. FGV. São Paulo, 1995. V. 35, N. 14, p. 33-41.

**BÊRNI, Duilio de Ávila; FERNANDEZ, Breno Paula Magno.** Métodos e técnicas de pesquisa – modelando as ciências empresariais. São Paulo: Saraiva, 2012

**BILHARZ, Jeremy.** Gating Design with Ingate Filtration - Process Engineer. John Deere Foundry Waterloo, 2013.

**BONOLLO, Franco e ODORIZZI, Stefano.** Numerical Simulation of Foundry Processes. Padova: ServiziGraficiEditoriali, 2001.

**CARDOSO, José Guilherme da Rocha. CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de. FONSECA, Paulo Sergio Moreira da. SILVA, Marcelo Machado da. ROCIO, Marco Aurélio Ramalho.** A indústria do alumínio: estrutura e tendências. BNDES, Setorial 33, p. 43-88, 2011. [http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bnDES\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set33\\_02.pdf](http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bnDES_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set33_02.pdf) Acesso em: 03 jul. 2013.

**CASTRO, Cíntia YukikoFugie de; ANTONIALLI, Luiz Marcelo.** A competitividade do setor de fundição à luz da tipologia de Porter. Revista de Administração da FED-Minas – Volume 2. Número 2. Dezembro, 2005.

**CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão.** Planejamento Estratégico: Fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

**COSTA, Ana Carolina Ribeiro, et al.** As forças de Porter aplicadas à formulação da estratégia competitiva: Estudo de caso em uma empresa Potiguar do ramo de sorvetes. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, II, João Pessoa – PB, 2007.

**FAGUNDES, Alexandre Borges.** Mapeamento do gerenciamento das areias a verde de fundição no estado do Paraná sob a ótica da produção mais limpa: uma contribuição para o estabelecimento de estratégias. Dissertação. Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR. Ponta Grossa, 2010.

**FREEMAN, C.; SOETE, L.** The economics of industrial innovation. 3 ed. Cambridge, MIT Press, 2000.

**GIL, Antonio Carlos.** Métodos e técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.

**KONDIC, Voya.** Princípios metalúrgicos de fundição. São Paulo, Polígono, Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

**LANA, Henrique Santa Cecília.** Análise do processo de fundição de peças de joalheria assistida por software CAD/CAM. Dissertação de Mestrado. REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais – UFOP / CETEC / UEMG – Belo Horizonte: 2010.

**LASTA, Sidnei. GODARTH, Kellermann Augusto Luis e FARIA, Robson.** A União de Redes para a produção conjunta como estratégia de competitividade no varejo de materiais de construção. In: III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa - Paraná. Brasil, 2013. <<file:///C:/Users/LIDIANE/Downloads/01381039162.pdf>> Acesso em: 10 jun.2014.

**MARAMALDO, Dirceu.** Teoria da Competitividade Total. Conceituação e prática. 1 ed. Campinas: Editora Alínea, 2000.

**MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria.** Metodologia do trabalho científico. 7<sup>a</sup> edição revista e ampliada. São Paulo: Atlas, 2007.

**MARQUES, Andreia Isabel Granadeiro Cercas.** Diagnóstico de um defeito de fundição Aplicabilidade da simulação numérica em FLOWCast para previsão e resolução de defeitos. Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Porto: 2008.

**MENEGHETTI, Ângelo Rogério.** Marketing Estratégico e Vantagem Competitiva. RAC - Revista de Administração e Contabilidade. IESA. Ed. Unijui, V.1, n.1., 2002.

**MINTZBERG, Henry, et al.** O processo da estratégia: conceitos, contextos e casos selecionados. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

**MORAES, Carlos Alberto Mendes; ELY, Eliseu Eduardo; ROCHA, Lisiâne Kleinkauf; SIMON, João; KESSLER, Sérgio; SILVEIRA Cláudio; GARCIA, Ana Cristina de Almeida; LORSCHETTER, Geovani; BERTI, Mara; COPETTI, Marco Aurélio.** Avaliação da gestão empresarial, tecnológica e ambiental em empresas de fundição como ferramentas para aumento de competitividade no setor: o caso do projeto Fundi-RS. CONAF – Congresso Nacional de Fundição. São Paulo, 2007.

**OLAVE, Maria Elena Leon; AMATO NETO, João.** Redes de Cooperação Produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas. Gestão & Produção, São Paulo, v.8, Dez. 2001.

**OLIVEIRA, Clênio Senra de.** Metodologia para utilização de simulação em projetos de manufatura enxuta. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, para fins de obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. Belo Horizonte: 2008.

**PERDIGÃO, João Gabriel de Lima; PERDIGÃO, Magianne Lisele Pereira Barbosa.** Estratégias Competitivas de Empresas Varejistas do Segmento Farmacêutico na Cidade de Campina Grande – Pb: Aplicação das Cinco Forças de Porter. In: IX SEGET, 2012. <http://www.aedb.br/seget/artigos12/7416257.pdf> Acesso em: 10 jun 2014

**PORTER, M.** Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de Indústria e da Concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

**PORTER, M.** Vantagem Competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

**PRAHALAD, C. K.; HAMEL, Gary.** Competindo pelo Futuro. Estratégias Inovadoras para obter o Controle de seu Setor e Criar os Mercados de Amanhã. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

**PRAZERES, Hélio Tadeu Cury.** Considerações preliminares e avaliação das ações estratégicas para construção do arranjo produtivo local do segmento de fundição da região centro-oeste de Minas Gerais. XI Simpósio de Engenharia de Produção, Minas Gerais, 2004.

**QUARTUCCI, João Paulo.** Análise da competitividade do cluster da indústria de fertilizantes da região metropolitana de Salvador. 2007. Dissertação (mestrado em administração). Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, 2007.

**SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszak.** Metodologia da Pesquisa e elaboração da dissertação.2. Ed. Florianópolis. UFSC, 2001.

**TETHER, B.S.** What is innovation? Approaches to distinguishing new products and processes from existing products and processes. In: CRIC working paper n.12, Manchester, Centre for Research on Innovation & Competition, 2003.

**HITT, Michael A.; IRELAND, R.; DUANE, HOSKISSON, Robert E.** Administração Estratégica: competitividade e globalização. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2003.

**VERRAN, G.O.; OLIVEIRA, C.G. e REBELLO, M.A.** Influência da Velocidade de Enchimento Sobre a Formação de Defeitos em Peças de Alumínio: Simulação Numérica Vs. Resultados Experimentais In: 14 CBECIMAT- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2000, São Pedro, UFSCar, 2000.

**YIN, Robert K.** Estudo de caso – Planejamento e métodos. 3<sup>a</sup> edição. Bookman. Porto Alegre: 2005.