

Análise do impacto do planejamento na construção de um aquecedor solar térmico de ar

Luiza Duarte Pereira¹

Jennifer Oliveira Silva Ferreira²

Ana Luiza Gonçalves³

Dalmy Freitas de Carvalho Júnior⁴

Resumo: O planejamento representa uma estratégia decisiva para o sucesso de qualquer tipo de projeto ou processo. Sendo assim, este trabalho desenvolve e aprimora o planejamento de um projeto da construção de um aquecedor solar térmico de ar, que se utiliza do princípio físico da convecção do ar. Por meio da observação do processo de construção do aquecedor e de coleta de dados foi possível constatar a existência de diversas falhas no processo de construção. Para gerir e controlar o problema de falta de planejamento utilizou-se o método baseado nos princípios da Engenharia do Produto, especificamente no seguimento de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). Este método é dividido em etapas, sendo elas a macrofase de pré-desenvolvimento, a macrofase de desenvolvimento e a macrofase de pós-desenvolvimento. Comparou-se o projeto sem planejamento com o novo projeto baseado na metodologia proposta e verificou-se que as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) foram de extrema importância para a otimização do trabalho realizado, economizando recursos financeiros, tempo, mão-de-obra e diminuindo o risco de acidentes.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos. Planejamento. Projeto. Aquecedor Solar Térmico de Ar.

^{1.} Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, analu_1022@hotmail.com

^{2.} Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, jenniferoliveira_bh@yahoo.com.br

^{3.} Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, duarteluiza13@gmail.com

^{4.} Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de Itaúna, dalmyjr@gmail.com

1. Introdução

O mundo atual se depara com a necessidade de dar respostas e encontrar soluções para problemas que, embora vislumbrados no passado, têm se tornado, nos últimos anos, objeto de preocupação crescente da humanidade.

Uma das questões que se apresenta com grande importância atualmente é a do problema energético, que consiste na crescente utilização dos recursos energéticos disponíveis no planeta Terra, em especial os recursos não renováveis, sujeitos à escassez. Sem um devido enfretamento dessa questão, graves consequências sociais, econômicas, políticas e ambientais ameaçam a humanidade e o planeta nas próximas décadas.

O Sol tem papel fundamental na vida dos seres humanos. Além de luz e calor, ele fornece quinze mil vezes mais energia do que a consumida por toda a população mundial, sem contar que esta é armazenada de maneira natural na superfície terrestre, nas águas e na vegetação. O aproveitamento desse recurso natural é de grande valia no conteúdo deste trabalho.

Grande parte da extensão territorial do Brasil se encontra entre o trópico de Capricórnio e o Equador, o que favorece a utilização de aquecedores solares. No Brasil, os primeiros aquecedores surgiram nos anos 70, impulsionados pela crise do petróleo, passando a ter cada vez mais importância no contexto dos países e organizações. Na década de 90 houve um crescente profissionalismo, ocasionado por um mercado cada vez mais exigente e devido ao surgimento das primeiras normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) específicas para o setor. Em resposta a isso, diversas iniciativas sustentáveis estão em curso atualmente, em nível de governo, sociedade, empresas e organizações.

É nítida e preocupante a dependência da sociedade atual com relação aos combustíveis fósseis e à energia elétrica; no caso do Brasil, tal dependência tem preocupado a sociedade de forma ainda mais intensa desde a ocorrência do apagão de 2001, quando foi constatada a necessidade de fortes investimentos no setor energético para suprir a crescente demanda, principalmente na região Sudeste do Brasil, seja ampliando a utilização de energia proveniente do sistema hidrelétrico ou através de investimentos em fontes alternativas de energia. A crescente discussão sobre a influência negativa que a atividade humana provoca no ambiente, associada à constatação de que fontes de energia renováveis tendem a ser muito menos agressivas ao meio-ambiente, são as principais razões que motivam o desenvolvimento da construção do Aquecedor Solar Térmico de Ar.

Mesmo com o atual sucesso dos aquecedores solares, ainda são detectados vários erros de processo. Embora a reunião de boas práticas tenha gerado um processo contínuo de aprendizado e que projetar, instalar e usar um aquecedor solar térmico de ar seja uma tarefa relativamente simples, é exigida atenção a certos fatores que garantem a sua confiabilidade e desempenho. Escolher um sistema de aquecimento adequado ao clima local e instalá-lo corretamente, utilizando componentes de qualidade e protótipos, resultará no aproveitamento de energia renovável e gratuita do sol por muito tempo, tornando-o um grande investimento.

Deve-se entender que para todas as atividades de realização de um produto é necessário um processo e deve haver um planejamento das atividades de gestão de qualidade, verificando durante o processo de desenvolvimento se os resultados gerados pela atividade da elaboração do produto estão de acordo com o planejado, se os requisitos de clientes e outras partes interessadas estão sendo contemplados e se existem problemas que necessitam ser resolvidos.

A qualidade é um conceito que se altera ao longo do tempo. Para Main (1994), a diferença entre a antiga e a nova qualidade é que a antiga é produto de um artesão e a nova, de um sistema. Dentro do planejamento e desenvolvimento de um produto é necessário que se faça um projeto buscando maior qualidade e melhorias tecnológicas em tempo adequado, procurando melhorar sempre seus processos, produzindo produtos superiores e ganhando vantagem competitiva. É importante que este processo seja planejado, controlado e coordenado para o alcance dos objetivos de maneira eficiente, buscando atender às necessidades e expectativas do cliente.



O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) apresenta diversas características que o diferenciam de outros processos, tais como: elevado grau de incerteza e riscos das atividades e resultados; dificuldade de mudar as decisões iniciais; as atividades básicas seguem um ciclo iterativo; manipulação e geração de alto volume de informações; multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, dentre outros (ROZENFELD et al., 2006).

Além da complexidade técnica e da característica iterativa das atividades do desenvolvimento de novos produtos, é necessário gerenciar as interações entre várias disciplinas de engenharia, que podem estar alocadas em diferentes localidades, envolvendo uma centena de engenheiros e um grande número de subprojetos (CHEN, LING, CHEN, 2003; SÖDERLUND, 2002). A necessidade de se atingir tanto os prazos finais, como a integração dessas várias áreas de conhecimento, vem ao encontro dos objetivos do gerenciamento de projetos (SÖDERLUND, 2002). Segundo Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK® - Project Management Body of Knowledge) (PMI, 2004), o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para desenvolver atividades que visam atingir aos requisitos do projeto.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe analisar e realizar o gerenciamento das atividades de desenvolvimento da construção do aquecedor solar térmico de ar, utilizando as práticas de gerenciamento do PDP. Em outras palavras, o objetivo é entender como essa metodologia se aplica ao desenvolvimento do produto e como é importante a prática do mesmo para aperfeiçoar e aprimorar novos produtos no caso o aquecedor solar térmico de ar.

Este artigo descreve uma abordagem teórica, citando, as metodologias de desenvolvimento de produto e as principais ferramentas utilizadas, tanto no desenvolvimento como no gerenciamento do projeto. Em seguida, são apresentadas as ações de melhoria, cuja finalidade é a redução de improvisações no projeto de construção do aquecedor solar térmico de ar. São definidos os pontos críticos do desenvolvimento da construção do aquecedor solar térmico de ar, determinando-se pontos de melhoria para que o objetivo seja concebido. Finalmente são apresentados os resultados e a conclusão projeto.

2. Metodologia

É oportuno ressaltar a importância de uma metodologia bem definida para a realização de estudos acadêmicos e a execução de projetos de maneira bem-sucedida. A metodologia examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações. Ela aparece como princípio básico para o sucesso no gerenciamento dos projetos de uma organização e é compreendida como a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para a construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade, permitindo, assim, uma tomada de decisões de maneira mais assertiva e eficiente.

A construção do produto aquecedor solar térmico de ar foi inicialmente realizada sem a utilização de uma metodologia de desenvolvimento. A falta da mesma levou a uma série de problemas e falhas, visualizados por meio da observação do processo de construção e também por coleta de dados.

Sendo assim, a sessão vigente apresenta a descrição da metodologia científica escolhida, mostrando as definições e justificativas da escolha e do método de pesquisa. Contém a natureza, objetivos e procedimento da pesquisa, além da fonte, abrangência e forma de amostragem, análise e interpretação dos dados, bem como a citação do período e do local em que o estudo do impacto do planejamento na construção de um aquecedor solar térmico de ar foi executado (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa foi realizada no município de Itaúna, especificamente no Laboratório de Física da Universidade de Itaúna, no período de setembro de 2016 a junho de 2017. Segundo o Instituto de Física Gleb Wataghin (2015), do ponto de vista da natureza, a pesquisa será classificada como sendo aplicada, uma vez que a mesma se utiliza de conhecimentos obtidos através de pesquisas básicas para solucionar ações concretas e problemas existentes. Esse tipo de pesquisa objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática e solução do problema, relacionado à ausência de uma metodologia bem definida para a construção e otimização de um aquecedor solar térmico de ar.

Quanto à forma de abordagem, é definido como qualitativo, uma vez que o projeto está relacionado à compreensão e interpretação de determinados comportamentos. É uma pesquisa exploratória, uma vez que, a princípio, não teve o intuito de obter números como resultados, mas sim insights, que indicam o caminho para tomada de decisões corretas em relação à questão-problema, já que a primeira tentativa de construção do aquecedor não obteve sucesso devido à ausência de uma metodologia de construção (LOPES, 1991).

Para atingir os objetivos apresentados é necessária uma aproximação entre o tema pesquisado e o pesquisador, levando em conta a busca da solução de um problema definido através da elaboração de hipóteses. Define-se a pesquisa como exploratória, dado que será realizada através de um procedimento de estudo de caso voltado para a área da Engenharia do Produto.

Ao se definir que a necessidade de melhoria no processo de construção do aquecedor através de uma metodologia bem definida é real, tornou-se necessário um estudo, que ajudou no detalhamento do problema, para posterior encontro de soluções apropriadas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Por meio da observação do processo de construção do projeto, a princípio sem a utilização de uma metodologia de construção, foi realizado o recolhimento de dados e, a partir da análise dos mesmos, utilizou-se, para gerir e controlar o problema de falta de planejamento, o método baseado nos princípios da Engenharia do Produto, especificamente no seguimento de PDP.

Neste contexto, construiu-se um novo aquecedor e comparou-se o projeto sem planejamento com o novo projeto baseado na metodologia proposta, verificando-se que as etapas da metodologia proposta são de extrema importância para a otimização do trabalho realizado.

3. Resultados

Após seguir todos os passos e estar com o equipamento devidamente instalado, foi necessário realizar um teste do funcionamento do sistema em operação. O teste consistiu em alocar todo o sistema num ambiente externo, que tivesse contato direto com a luz solar e



verificar a existência de vazamento de ar aquecido em algum ponto da interligação da caixa do aquecedor solar com o vidro instalado na parte superior ou na distribuição de ar quente através da mangueira sanfonada.

Realizou-se também, a medição da temperatura com um termômetro, após seguir todas as etapas de planejamento de processo e montagem e, verificou-se se a capacidade de aquecimento foi atingida ou estava dentro dos limites especificados no projeto.

Sendo assim, foi realizada a medição das temperaturas de entrada e saída do aquecedor solar térmico de ar, a fim de comprovar, de forma efetiva, a capacidade térmica do aquecedor. A coleta dos dados foi realizada no horário de 14h30min a 15h00min, em Divinópolis-Mg. E, para comprovação do funcionamento, o aquecedor foi exposto à luz solar minutos antes da medição, ou seja, o aquecedor tinha temperatura interna similar à da temperatura ambiente. Após cinco minutos de exposição solar, no horário de 14h30min56seg, foi ligado o motor do aquecedor para captar dados da medição, conforme GRÁFICO 1.

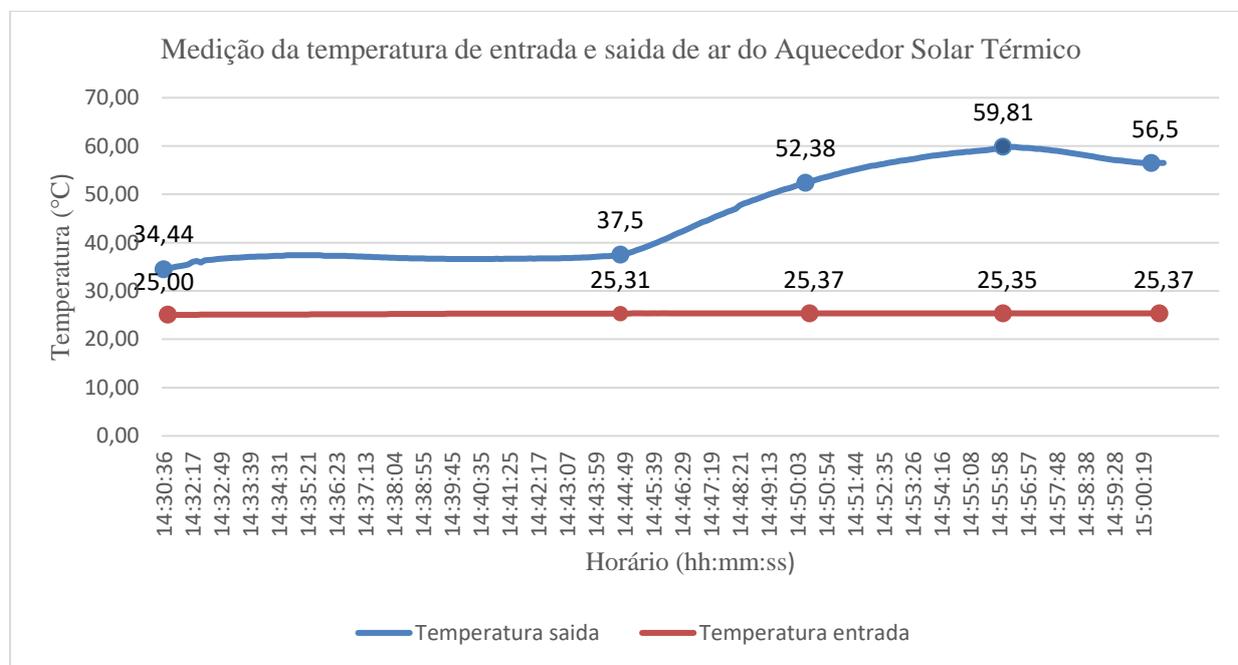


Gráfico 1 - Medição da temperatura de entrada e saída de ar do Aquecedor Solar Térmico de Ar.
Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Foi constatado uma máxima temperatura de saída de ar no aquecedor de 59,81°C, no horário de 14h56min. Após atingir essa temperatura que se manteve constante durante aproximadamente um minuto, a equipe de desenvolvimento desligou o motor para verificar o quanto ainda se manteria em alta temperatura, justificando o declínio no gráfico.

A partir dos resultados foi feito o GRÁFICO 2, onde mostra a diferença de temperatura de entrada e saída durante a medição. Os resultados comprovam um ganho máximo de 34,46°C de temperatura solar, durante aproximadamente 30 minutos de monitoramento. A diferença de temperatura de 9,44°C ocorreu devido ao tempo recente a qual foi ligado o motor. A temperatura aumenta consideravelmente a partir do instante em que o aquecedor consegue atingir a diferença de temperatura de 12,19°C aos 14 minutos após ligar o



motor. Obteve o máximo de ganho de temperatura na marcação de $34,46^{\circ}\text{C}$, 25 minutos após funcionamento do motor. Esse valor se manteve constante durante aproximadamente 2 minutos. Nesse instante a temperatura de ambiente media $25,35^{\circ}\text{C}$. Como dito, pra verificar o quanto a alta temperatura poderia se manter com o não funcionamento do motor, a equipe de desenvolvimento optou por realizar o desligamento, justificando a temperatura de $31,13^{\circ}\text{C}$.

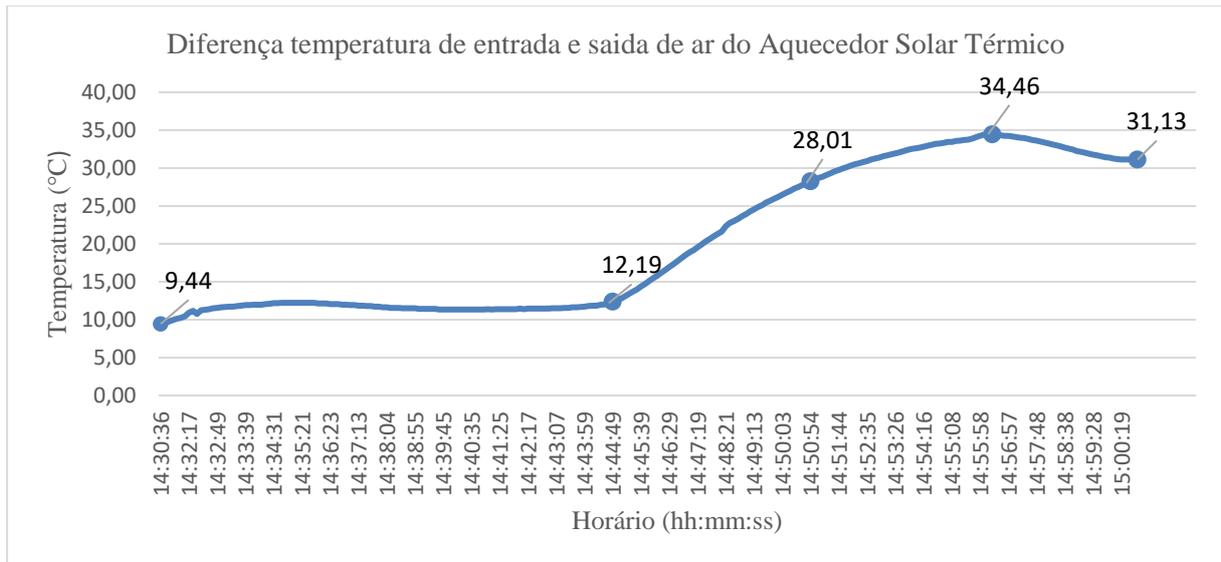


Gráfico 2- Diferença de temperatura de entrada e saída de ar do aquecedor solar térmico
Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

4. Discussão

Para melhor entendimento, foram instalados dois sensores para medir a temperatura de entrada e saída de ar do aquecedor solar, onde o sensor um (1), corresponde ao sensor que foi instalado na parte inferior do aquecedor solar que mediu a temperatura externa de entrada de ar no aquecedor solar. E o sensor dois (2), instalado na parte interna da mangueira sanfonada, para monitoramento da temperatura de saída do ar localizado de dentro do aquecedor solar térmico de ar.

O estudo dos dois gráficos é o suficiente pra comprovar uma tendência de funcionamento do aquecedor solar térmico de ar. Sendo que, o mesmo deve ser submetido a mais testes de durabilidade e de confiabilidade a nível qualitativo e quantitativo. Justificando os meios desse projeto para desenvolver um produto, aplicando a nova metodologia e demonstrando a otimização do mesmo.

5. Conclusão

O presente artigo possibilitou uma comparação do desenvolvimento de um aquecedor solar térmico de ar sem uma metodologia bem definida, que não obteve sucesso, com o desenvolvimento do mesmo após aplicação do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). De um modo geral, a utilização de um modelo de referência garantiu a construção e funcionamento de um produto mais eficiente e fiel ao plano proposto. Verificou-se que as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) foram de extrema importância para a otimização do trabalho realizado e proporcionou a economia de recursos financeiros, tempo, mão-de-obra e diminuição de riscos envolvidos no projeto.



A proposta foi seguir, parcialmente – devido à complexidade do projeto -, o passo a passo da metodologia proposta, para construir um Aquecedor Solar Térmico de Ar. O desenvolvimento iniciou-se com a Macrofase de Pré-Desenvolvimento, onde foi definida a parte estratégica do projeto, tendo como resultado a Declaração do Escopo do Produto. Em seguida desenvolveu-se a Macrofase de Desenvolvimento, que foi a mais explorada e gerou informações cruciais para a construção do Aquecedor Solar, principalmente na fase do projeto detalhado. E para finalizar, foi apresentado o Pós-Desenvolvimento, que trouxe os resultados e comprovação da teoria apresentada.

O produto desenvolvido funciona através da absorção da radiação solar e transferência de calor através de cilindros de alumínio. O ar à temperatura ambiente é aquecido e lançado no interior de um determinado ambiente. Utilizou-se latas de cerveja, mangueira sanfonada, compensado, tinta fosca preta e vidro para construir o aquecedor solar térmico de ar. A luz solar aquece as latas e com isso se inicia o processo de condução e convecção de calor destas para o ar que flui forçado levemente por uma pequena ventoinha de computador na parte superior do aquecedor.

A eficiência do aquecedor solar térmico de ar possibilita a recuperação de todos os investimentos gastos na sua construção uma vez que consome pouca energia elétrica e é considerado um produto sustentável. Tornando o mesmo um produto viável ambiental e economicamente.

A princípio, o objetivo do trabalho foi comprovar o funcionamento do produto. Foi utilizado um termômetro para medir as temperaturas de entrada e saída do ar e obteve-se uma variação de 34,46°C em um intervalo de tempo de 30 minutos. Ou seja, o resultado obtido foi satisfatório.

Através do sucesso na teoria apresentada, surgiu-se a ideia de um futuro aprimoramento do aquecedor solar térmico de ar, usando teorias mais completas e buscando aperfeiçoar os resultados. E, por fim, utilizar soluções sustentáveis e econômicas para o desenvolvimento do projeto, no intuito de promover um ambiente confortável, climatizado e utilizando fontes de energia renovável.

As atividades exercidas durante o período de desenvolvimento proporcionaram as autoras um grande aprendizado na área de engenharia do produto, pois possibilitou a oportunidade de interação do conhecimento acadêmico adquirido, com a parte prática, e assim contribuir para a formação de um melhor profissional. Os orientadores foram de extrema importância no desenvolvimento do trabalho, no direcionamento dos estudos e aceitação de ideias, motivando e contribuindo com a busca e alcance de melhores resultados.

Referências

- CHEN, C. H.; LING, S. F.; CHEN, W. Project scheduling for collaborative product development using DSM. *International Journal of Project Management*, v.21, p. 291-299, 2003.
- IFGW. Pesquisas Básicas e aplicadas. *Instituto de Física GLEB WATAGHIN*. 2015. Disponível em: <http://www.abntouvancouver.com.br/2015/05/o-que-e-pesquisa-basica-ou-aplicada.html> Acesso em 30 set 2016.
- LOPES, Oswaldo Ubríaco. Pesquisa básica versus pesquisa aplicada. *Estud. av. [online]*. 1991, vol.5, n.13, pp. 219-221. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v5n13/v5n13a15.pdf>; acesso em 30 set 2016.
- MAIN, J. Guerras pela qualidade: os sucessos e fracassos da revolução da qualidade. Rio de Janeiro: *Campus*, 1994.



SICIT
Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

PMI. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, *PMBoK Guide*, 2004.

PMBOK – Project Management Body of Knowledge. *Project Management Institute*, 2004. Disponível em: <http://www.pmi.org/> Acesso em 05 de outubro de 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Método Científico: Métodos de abordagem - base lógica da investigação. Metodologia do Trabalho Científico. 2. ed. *Novo Hamburgo: Feevale*, 2013. Cap. 2. p. 13-39.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. D.; SILVA, S. L. D.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: *Saraiva*, 2006

SÖDERLUND, J. Managing complex development projects: arenas, knowledge processes and time. *R&D Management*, v.32, p.419-430, 2002