

ANÁLISE DE RISCOS DA APLICAÇÃO DE NOVA TECNOLOGIA¹

Tito Livio Medeiros Cardoso²

Resumo

O trabalho apresenta um caso prático de análise de riscos da aplicação de nova tecnologia em um projeto de capital da indústria de Alumínio. É apresentada a metodologia e critérios de análise, destacando as dimensões dos riscos tecnológicos: Base para tomada de decisão, Faixa ótima de desempenho, Opções futuras, Dependências e restrições comerciais ou legais, entre outros, sua interpretação e avaliação para o projeto e principais resultados obtidos. Por fim, são apresentadas as vantagens e desvantagens da metodologia utilizada e potencial de aplicação a outros casos de aplicação de novas tecnologias em projetos industriais.

Palavras-chave: Novas tecnologias; Análise de riscos; Projetos de capital; Smelter.

RISK ANALYSIS OF NEW TECHNOLOGY APPLICATION

Abstract

Case study of risk analysis about new technology application in aluminum industry capital project. Presents the methodology and analysis criteria, highlighting the dimensions of technological risks: decision making basis, optimum performance range, future options, dependencies and trade or legal restrictions, among others, the interpretation and assessment for the project and main results achieved. Finally, present the advantages and disadvantages of the methodology and potential application to other cases of new technologies application in industrial projects.

Key words: New technologies; Risk analysis; Capital projects; Smelter.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Engenheiro mecÂNICO. MSc. Engenheiro de Projetos. Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), São Paulo, SP, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma aplicação prática da análise de riscos na transferência de uma tecnologia proprietária para um Smelter de Alumínio em operação. O objetivo é apresentar a metodologia adotada, cuidados na aplicação e os resultados obtidos. Ao fim, temos uma discussão sobre os resultados obtidos com o método e potenciais melhorias para próximas aplicações na indústria.

1.1 A Vantagem Competitiva e a Liderança Tecnológica

A questão central em estratégia competitiva é a posição relativa dentro da indústria. O posicionamento determina se a rentabilidade de uma empresa está abaixo ou acima da média da indústria.

O sucesso em longo prazo das maiores empresas do mundo é direcionado pela vantagem competitiva e a habilidade em sustentá-la. Existem dois tipos básicos de vantagem competitiva que uma empresa pode possuir:⁽¹⁾ baixo custo e diferenciação.

Em muitas indústrias, o acesso e a manutenção da liderança tecnológica pode se constituir num elemento chave para obtenção destas vantagens competitivas básicas.

Como resposta à estratégia da empresa, a prospecção e aplicação de novas tecnologias pode ser direcionada, de modo enfocado ou abrangente, à redução de custos, ou pode ser direcionada à diferenciação, alterando um ou mais atributos do produto que sejam amplamente valorizados pelo mercado, posicionando-se singularmente para satisfazer estas necessidades, ou, até mesmo, viabilizando a oferta de um novo produto, exclusivo na indústria. A empresa com liderança tecnológica que obtém vantagens de diferenciação é recompensada pela sua singularidade com um preço-prêmio.

1.2 Tecnologias na Indústria do Alumínio

Há mais de um século o processo Hall-Héroult de redução eletrolítica da Alumina (Al_2O_3) em banhos de sais de fluoreto permanece nas etapas fundamentais de produção do alumínio primário em toda indústria mundial.

Uma análise da estrutura de custos operacionais em smelters de Alumínio demonstra que, tipicamente, as três maiores componentes de custos são:

- alumina representa 40% a 45% dos custos;
- energia elétrica representa 25% a 30% dos custos; e
- anodos de carbono representam 15% do custo

Destas, o consumo de energia é uma componente que pode variar largamente em função da tecnologia utilizada.

Assim, o desenvolvimento tecnológico ao longo dos anos e, em especial, nas últimas três décadas tem se concentrado na obtenção de ganhos de escala e eficiência energética. As novas tecnologias têm apresentado aumento incremental da amperagem das cubas. Enquanto muitas plantas modernas e projetos em implantação operam com correntes na faixa de 300 kA a 350 kA (exemplos, Pechiney AP30 e algumas versão da AP35, HAL300, DUBAL DX, RUSAL RA300), as tecnologias de vanguarda buscam a operação na faixa de 400 kA a 500 kA (HAL4E, HAL500, Pechiney AP50, RUSAL RA400). O aumento de corrente produz

um ganho de escala, reduzindo o custo de capital por tonelada de capacidade instalada.



Figura 1. Cuba na planta da Norsk Hydro em Sunndal, Noruega. Tecnologia proprietária HAL 250.⁽²⁾

Para obter a redução do consumo específico de energia, estas novas tecnologias buscam reduzir a voltagem das cubas e aumentar a eficiência da corrente aplicada na eletrólise.

Avanços tecnológicos nesta direção têm sido observados na aplicação de cubas com maiores dimensões, pesquisas em institutos na China com novos materiais de revestimento para isolamento térmico das cubas (exemplo, carboneto de silício, SiC), pesquisas da Rusal com anodos inertes e novas tecnologias de catodos (Drained Cathode Cell, DCC), em desenvolvimento pela Comalco.

É importante observar que os principais competidores da indústria do Alumínio detêm sua própria tecnologia de produção do metal primário. Nesta indústria, o acesso a tecnologia eficiente, bem como acesso favorável a alumina de boa qualidade e energia, além da curva de experiência, são fatores críticos que determinam a liderança pela vantagem de custos, bem como são barreiras significativas a novos entrantes e atores que não disponham do acesso a um ou mais destes fatores.

1.3 Novas Tecnologias

Na indústria metalúrgica e mineração, identifica-se a aplicação de novas tecnologias quando um ou mais dos seguintes elementos estão presentes:⁽³⁾

- uma alteração significativa na rota de processo, diferenciada da prática estabelecida no restante daquele segmento da indústria;
- produção de um novo produto; e
- aplicação de tecnologia transferida de indústrias que processam outras commodities com sucesso.

O conceito de inovação tecnológica envolve a aplicação bem sucedida de novas idéias. Esta aplicação não requer, necessariamente, sua origem em uma invenção.^(4,5) A inovação pode se constituir, por exemplo, na combinação de tecnologias existentes para criar novas aplicações.⁽⁶⁾

A partir deste conceito podemos reconhecer diversos exemplos de inovações tecnológicas na época em que começaram a ser aplicados nos projetos da indústria metalúrgica e mineração, tais como moinhos SAG – inclusive, suas configurações

mais recentes do tipo gearless drive –, espessadores high efficiency, SX-EW, Flash Smelting, Ausmelt, Hismelt, Isasmelt, filtros Diastar, lixiviação sob pressão, entre outros.

1.4 O Ciclo de Vida da Tecnologia

O ciclo de vida de tecnologia, frequentemente denominado Curva-S da Tecnologia, resume quatro grandes etapas da evolução de uma tecnologia em termos do alcance de uma ou mais de suas características-chave de desempenho e da taxa das mudanças de melhoria na mesma.⁽⁷⁾

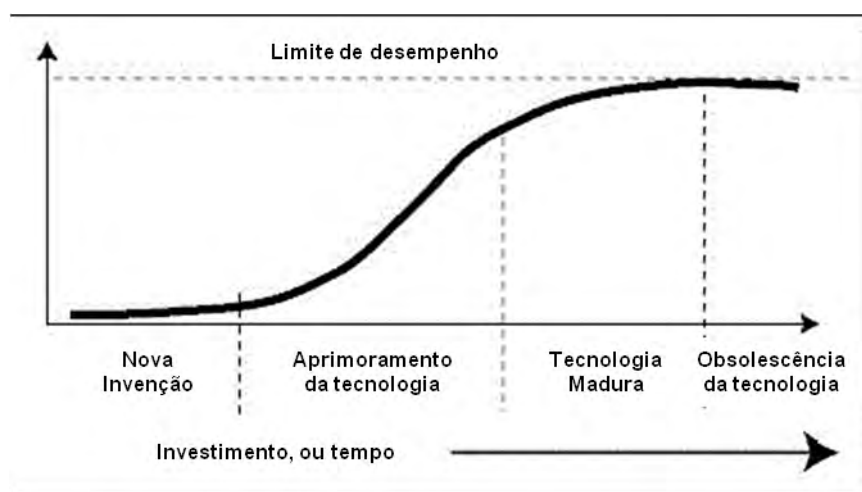


Figura 2. Curva-S da Tecnologia (tradução livre).⁽⁸⁾

- Etapa de P&D, ou embrionária – período de crescimento inicial lento, onde a tecnologia opera muito abaixo do seu pleno potencial. Nem as características da tecnologia, nem a sua aplicabilidade às necessidades do mercado podem ser adequadamente caracterizadas. Nesta etapa o retorno da tecnologia é incerto e as chances de fracasso são elevadas;
- etapa de ascensão, ou de crescimento rápido – quando os investimentos iniciais foram retornados e a tecnologia emergente começa a ganhar penetração no mercado, forma-se uma situação típica de um laço de realimentação positiva:⁽⁹⁾ quando a base instalada da tecnologia aumenta, mais agentes se envolvem no seu aperfeiçoamento, acumulando experiência de aplicação o que leva a novos aperfeiçoamentos e melhora acelerada na característica-chave de desempenho;
- etapa de maturidade – quando a tecnologia chega a seus limites, quando o ganho é elevado e estável, entrando em saturação de mercado; e
- etapa de declínio – o período de declínio começa quando o limite superior da tecnologia é alcançado (a tecnologia está madura) e melhorias adicionais tornam-se muito difíceis de alcançar. Nesta etapa, a tecnologia torna-se vulnerável à substituição ou obsolescência, em função de uma nova tecnologia emergente, de melhor desempenho.

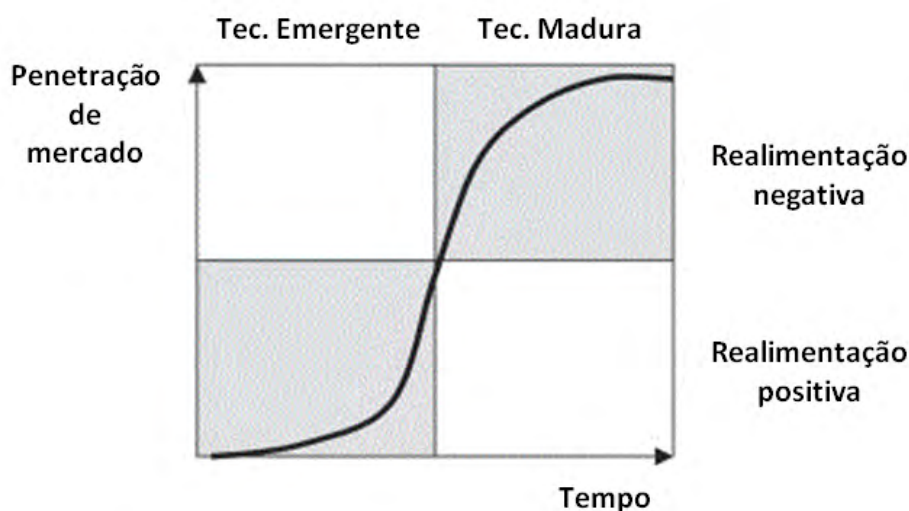


Figura 3. Ciclo de Vida da Tecnologia e os mecanismos de realimentação positiva e negativa (tradução livre).⁽⁹⁾

1.5 Tipos de Inovação

Segundo Christensen,⁽¹⁰⁾ as inovações podem ser classificadas, em função do tipo de impacto resultante da sua introdução no mercado como inovações sustentáveis (*sustaining innovation*) ou inovações de ruptura (*disruptive innovation*).

Inovações sustentáveis envolvem tecnologias que melhoram o desempenho de produtos estabelecidos em características de desempenho às quais o mercado tem historicamente atribuído valor.

Ou seja, as inovações sustentáveis não criam novos mercados, elas evoluem os produtos existentes com melhorias que lhes adicionam valor e reforçam a sua competitividade junto ao mercado existente.

A inovação sustentável é ainda subdividida em dois tipos: contínua, ou incremental, e descontínua, ou radical, conforme 1.5.1 e 1.5.2, respectivamente.

Inovações de ruptura envolvem tecnologias que apresentam características distintas dos produtos estabelecidos em mercados tradicionais. Quando estas são valorizadas por novos, clientes, é criado um novo mercado o qual, eventualmente, poderá ultrapassar o mercado existente. Produtos com base nas tecnologias de ruptura são tipicamente mais baratos, simples, menores, e, frequentemente, mais convenientes de usar.

1.5.1 Inovação sustentável contínua, evolutiva ou incremental

É uma inovação de melhoria incremental em um produto, percebida pelo mercado como um mais passo na evolução natural do produto.

1.5.2 Inovação sustentável descontínua, revolucionária, ou radical (*radical innovation*)

A inovação radical confere ao produto características de desempenho sem precedentes ou características já conhecidas que promovam melhoras significativas de desempenho ou custo, proporcionando um grau substancialmente maior de benefícios para os clientes.^(11,12)

Como referência, a inovação radical pode ser identificada quando uma ou mais das seguintes características estão presentes:⁽⁶⁾

- um conjunto inteiramente novo de recursos de desempenho;
- melhorias nas características de desempenho conhecidos de cinco vezes ou mais; e
- uma redução significativa dos custos (> 30%).

A Figura 4 ilustra o efeito da introdução de uma inovação radical (T2) em um mercado dominado por tecnologias existentes que evoluem através de inovações incrementais (T1). A tecnologia radical alcança a maturidade em uma taxa muito acelerada, resultando no predomínio de mercado, apesar dos esforços dos proprietários da tecnologia existente para não perder o papel dominante no mercado (ponto c). Esta reação é, no entanto, um fenômeno de curto prazo e o mercado vai mudar para a nova tecnologia (T2) enquanto a tecnologia existente vai se tornar obsoleta.

As inovações radicais transformam o relacionamento entre consumidores e fornecedores, reestruturam aspectos econômicos do mercado, desestabilizam produtos existentes e dão origem a categorias de produtos completamente novas.⁽¹²⁾

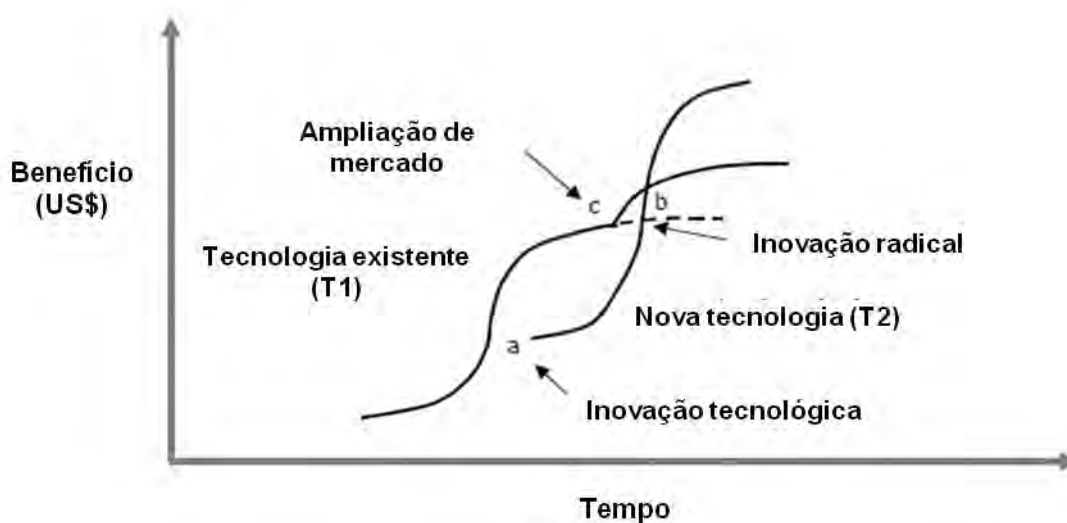


Figura 4. Superposição de curvas-S de Tecnologia (tradução livre).⁽⁶⁾

1.6 Níveis de Maturidade da Tecnologia

As tecnologias são também classificadas em função do seu estágio de amadurecimento, ou seja, da sua prontidão para aplicação comercial. O Departamento de Defesa dos EUA (DoD)⁽¹³⁾ e a NASA⁽¹⁴⁾ estabeleceram, de forma independente, critérios para avaliação do Nível de Maturidade da Tecnologia.

Tabela 1. Níveis de maturidade da tecnologia (*technology readiness level, TRL*)⁽¹⁴⁾

TRL	Definição	Significado	Palavra Chave
1	Os princípios básicos são observados e reportados	O mais baixo nível de prontidão tecnológica. Pesquisa científica começa a ser transformada em pesquisa aplicada e desenvolvimento	Pesquisa científica
2	Formulação de conceito tecnológico e/ou de aplicação	Princípios básicos são observados. P&D começou. Aplicações são especulativas e podem ser improváveis	Começo de P&D
3	Função crítica analítica ou experimental e ou prova de Conceito Característica	Pesquisa ativa e desenvolvimento iniciado, incluindo estudos experimentais e analíticos para validar previsões focando tecnologia	Pesquisa ativa e desenvolvimento iniciado
4	Validação de componente ou "breadboard" em ambiente de laboratório	Componentes tecnológicos básicos são integrados para verificar se esses trabalham bem em conjunto	Demonstração de componente em laboratório da função crítica
5	Validação de componente e/ou "breadboard" em ambiente relevante	Integração dos componentes tecnológicos (com elementos razoavelmente realísticos), testados em ambiente com as funções críticas mais relevantes	Demonstração de componente em ambiente relevante, mas sem produção em escala
6	Demonstração de modelo de sistema/subsistema ou protótipo em ambiente relevante (terra, ar ou espaço)	Avaliação de protótipo ou modelo representativo em ambiente relevante	Validação de protótipo em escala em ambiente relevante
7	Demonstração de protótipo do sistema/subsistema em ambiente operacional	Avaliação de protótipo próximo do planejado (real) em ambiente operacional	Qualificação de protótipo em ambiente operacional, verificando as funções críticas
8	Sistema real completo e qualificado em ambiente operacional por meio de testes e demonstrações	Em um sistema real, a tecnologia foi provada atender as condições especificadas	Elemento integrado pronto para ser avaliado em ambiente operacional Pronto para ser industrializado
9	Sistema real finalizado e qualificado por meio de operações com êxito em missões.	Sistema incorporando a nova tecnologia em sua forma final e aplicado em suas condições reais de operação.	Sistema em uso

A maturidade da tecnologia é fortemente correlacionada ao posicionamento da mesma no ciclo de vida, sendo que o indicador TRL concentra-se nas etapas embrionárias e de rápida evolução, que antecedem a etapa de maturidade no ciclo de vida da tecnologia (Figura 5).

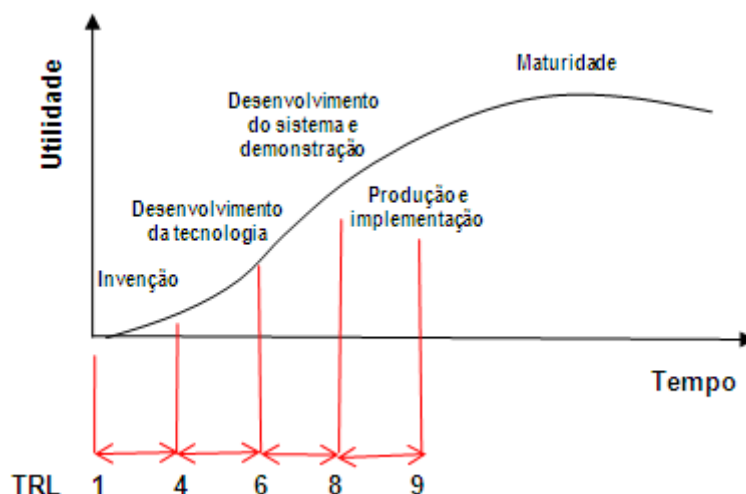


Figura 5. Apresentação esquemática genérica de uma curva de ciclo de vida da tecnologia mapeada às faixas do indicador TRL (tradução e adaptação livre).⁽¹⁵⁾

1.7 Riscos em Projetos com Aplicação de Novas Tecnologias

O simples fato de que os produtos e tecnologias continuamente desaparecem enquanto inovações emergem, sugerem que a ausência de um sistema de contínua

prospecção e aplicação de inovações tecnológicas, tanto incrementais quanto radicais, é um risco ao negócio.

A Independent Project Analysis (IPA), criada em 1987, é uma consultoria global de avaliação de projetos e benchmarking de sistemas de projeto. As análises da IPA baseiam-se na premissa de que o desempenho dos projetos pode ser previsto, considerando as tendências históricas em projetos semelhantes. Ao longo do tempo, a IPA construiu um banco de dados de mais de 10.000 projetos industriais⁽¹⁶⁾ e construiu um modelo de melhores práticas para desenvolvimento e execução de projetos de capital. O modelo da IPA destaca a Liderança Tecnológica como um dos quatro indicadores chave de liderança em projetos.⁽¹⁷⁾

Paradoxalmente, enquanto a ausência de inovação é um risco ao negócio, a introdução de novas tecnologias no escopo de projetos de capital introduz de forma associada riscos que podem impactar o retorno econômico e estratégico dos mesmos. Estes riscos se manifestam diferentemente em diversos indicadores de desempenho dos projetos.

1.7.1 Riscos ao desempenho ou utilidade da nova tecnologia

Considerando o tipo de tecnologia, a decisão pelo investimento na aplicação de uma tecnologia de inovação radical embute o risco associado às incertezas técnicas (validade do conhecimento, obtenção dos resultados, especificações e evolução do produto) e de mercado.⁽¹²⁾

Considerando o ciclo de vida, a aplicação de uma tecnologia embrionária, por exemplo, pode resultar em uma diferenciação da empresa mas pode também tornar-se um “elefante branco”. Se a empresa tem estratégia de investir em tecnologias emergentes, claramente, a probabilidade de sucesso em obter-se os ganhos econômicos planejados é menor na opção por uma tecnologia emergente com TRL 4 se comparado a outra opção com TRL 7 ou 8. No extremo oposto, se a estratégia é investir apenas em tecnologias maduras (“comprovadas”), a falha em identificar o correto estágio de maturidade de uma tecnologia, pode levar a empresa a investir em uma opção que começará a declinar em um horizonte de tempo menor do que se estimava na análise econômica, destruindo competitividade da empresa no médio prazo.

1.7.2 Riscos ao investimento do projeto

As análises da IPA demonstram que o nível de inovação tecnológica é um dos fatores que apresentam correlação positiva com a contingência requerida na estimativa de investimento dos projetos, juntamente com o seu grau de definição (Front-End Loading, FEL),⁽¹⁶⁾ a complexidade do processo e a estratégia de contratação.

1.7.3 Riscos ao prazo do projeto

A pesquisa de McNulty⁽¹⁸⁾ sobre o start up de 41 plantas de processamento metalúrgico de Cobre, Níquel, Ouro, entre outros metais não-ferrosos, evidencia que a duração do período para alcance da capacidade nominal estável da planta é positivamente correlacionado ao nível de inovação tecnológica aplicada no projeto. Por exemplo, projetos com tecnologias maduras alcançam capacidade nominal em 16 meses enquanto, nesse mesmo intervalo de tempo, projetos com tecnologias embrionárias alcançam 40% a 50% da capacidade nominal. A postergação de faturamento pleno em função de um período longo até alcance da capacidade da planta pode impactar significativamente o retorno econômico do projeto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Objeto de Estudo

O smelter para o qual o projeto foi desenvolvido opera com capacidade de 95.000 t/ano. O setor de redução possui 216 cubas eletrolíticas instaladas em série, conforme configuração original da tecnologia Reynolds P19. Esta configuração envolve cubas com 18 anodos, alimentadas a corrente de 165 kA. Os barramentos de entrada de corrente se localizam nas cabeceiras da cuba, “end risers”, sendo dois barramentos por cabeceira, quatro por cuba.

O Projeto consiste numa proposta de investimento para modernização das cubas com objetivo de aumento da eficiência de corrente das mesmas, e, por consequência, aumento da produção de alumínio líquido. O aumento da eficiência de corrente resulta da melhoria de compensação magnética a qual será obtida através de uma nova configuração dos barramentos. Estas modificações constituem o objeto de um contrato de transferência de tecnologia anteriormente aplicada no smelter da Hamburger Aluminium Werk (HAW). A configuração original do smelter HAW é idêntica ao da contratante.

2.2 Modificações Previstas na Tecnologia HAW

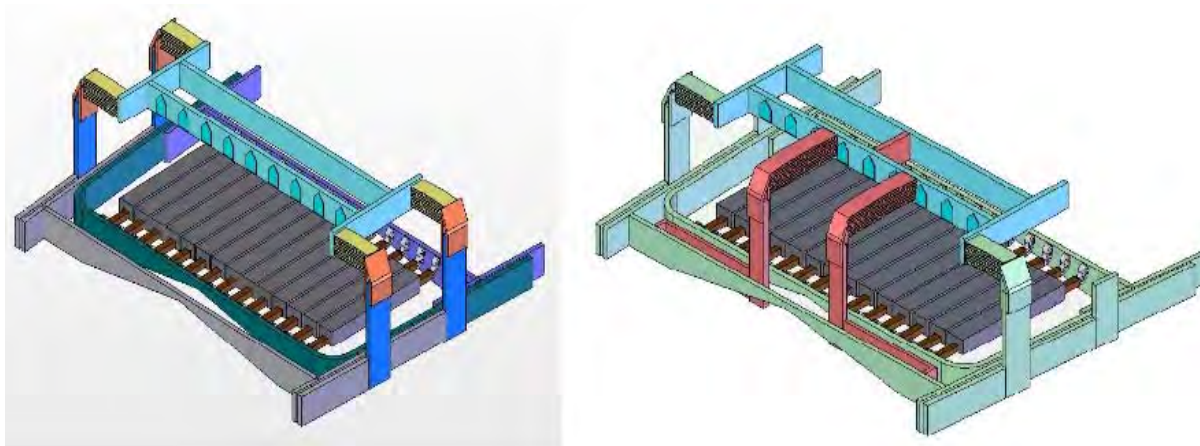


Figura 6. Modificação na configuração dos barramentos.

- alteração dos barramentos nas cubas, reposicionando para a lateral da cuba dois barramentos das extremidades do lado de saída de corrente (*downstream*);
- nova química de banho com excesso, até 9%, de Fluoreto de Alumínio (AlF_3);
- alimentação pontual com barra central;
- aletas de refrigeração na carcaça;
- garfo triplo e carboneto de silício (SiC) na lateral do revestimento;
- modernização do sistema de tratamento de gases; e
- aumento do comprimento de anodo e bloco catódico.

2.3 Contrato de Transferência de Tecnologia

O contrato assinado envolve o fornecimento dos desenhos, procedimentos e especificações relativas às modificações das cubas. O acesso à planta e aos profissionais em Hamburgo também foi incluído no contrato.

2.4 Testes da Nova Tecnologia no Ambiente Operacional

No momento de realização da análise de riscos, a equipe do projeto previa no cronograma a realização de testes em 10 cubas modificadas para verificação dos resultados e avaliação prática dos custos e retorno da implantação do projeto. As condições previstas para o teste são:

- a operação do booster de corrente de 5,0 kA para elevação de corrente na seção de teste a valores os mais próximos possíveis à operação de Hamburgo. Dependendo da disponibilidade de energia, os testes serão efetuados a 172 kA, ou 175 kA, ou 180 kA (meta de corrente do projeto);
- a nova química de banho, com excesso de 9,0% de AlF_3 , será utilizada já na primeira fase dos testes, reproduzindo uma condição operacional da HAW; e
- o revestimento das cubas de teste e os anodos serão os atuais.

2.5 Objetivos do Projeto

O contrato de transferência de tecnologia possibilitou à equipe do projeto total acesso a documentos, instalações e profissionais da planta em Hamburgo e foi disponibilizada uma base de dados em planilha eletrônica com série histórica de cinco anos de operação da HAW. Estas visitas e a base de dados geraram a referência para as metas propostas no caso-base do projeto. A Tabela 2 apresenta apenas os objetivos do projeto que se relacionam diretamente ao desempenho da nova tecnologia.

Tabela 2. Objetivos de desempenho na implantação da nova tecnologia

Parâmetro	Meta (caso-base “will be”)
Aumento de capacidade de produção	95,0 ktpa (atual) para 106,0 ktpa
Aumento de Eficiência de Corrente	90,8% (atual) para 93,5%
Corrente da linha	167 kA (atual) para 180 kA
Consumo de energia	14,73 (atual) para 13,96 kWh/kg
Período até alcance do desempenho nominal	24,0 meses

2.6 Metodologia de Análise de Riscos da Tecnologia

A avaliação dos riscos da tecnologia é executada através de uma métrica que considera os principais fatores envolvidos neste tipo de decisão (Tabela 3).

Tabela 3. Fatores de riscos tecnológicos

Fator de risco da tecnologia	Questões centrais em cada fator
1. Avaliação de tecnologias alternativas	Foram avaliadas outras opções? A opção atual está fundamentada em processo formal e estruturada de avaliação?
2. Opções futuras	A opção atual pode propiciar ou inibir outras melhorias, expansões ou acordos comerciais no futuro?
3. Dependências e restrições legais ou comerciais	A opção pode introduzir custos ou serviços especiais e exclusivos? Pode restringir direitos de acordos comerciais com outros <i>players</i> ?
4. Base para tomada de decisão	A avaliação contempla os custos em todo ciclo de vida do ativo? Qual é a base dos dados que suportam as estimativas de custos e ganhos?
5. Histórico da tecnologia na indústria	Quais são as experiências, positivas ou negativas, do uso desta tecnologia no mundo? Qual é a sua maturidade? Qual é sua posição no ciclo de vida?
6. Faixa ótima de desempenho	A curva de desempenho foi levantada? Os limites práticos de capacidade foram identificados?
7. Outros fatores de restrição ou dependência	Existem questões socioambientais ou de saúde e segurança? Se existe necessidade de suporte técnico, qual é a disponibilidade e preço dos serviços? Existem garantias contratuais de desempenho? Existem questões sobre seguros? Se existe dependência de insumos, qual é a sua disponibilidade e preço? Etc.
8. Documentação e entendimento pelos tomadores de decisão sobre os critérios e resultados da avaliação	A documentação está completa e apresenta referências comparativas? Explora todas as opções de tomada de decisão e suas consequências? O processo de decisão é formal? Os tomadores de decisão têm acesso e entendem todas as informações relacionadas à avaliação da tecnologia?

Com base na identificação específica dos riscos associados à tecnologia, estes oito fatores são pontuados individualmente, segundo a escala:

- 0 - sem problemas neste fator, ou não se aplica;
- 1 - são observados problemas menores com relação a este fator, com algumas recomendações; e
- 2 - existem pontos de atenção de maior importância sobre este fator, que requerem ações de mitigação ou correção.

Adicionalmente à pontuação dos riscos de natureza tecnológica, é feita a verificação se as questões observadas em cada um dos fatores não podem constituir falhas fatais (“fatal flaws”) para o projeto ou negócio, ou seja, se não podem conduzir a cenários de cancelamento do investimento ou encerramento prematuro da operação. Se não existem falhas fatais, os pontos são somados e o nível de riscos da tecnologia sob avaliação é classificado conforme a escala da Figura 7.



Figura 7. Métrica de avaliação dos riscos tecnológicos.

2.7 A Prática Realizada na Análise

A análise de riscos foi conduzida por facilitador especializado, externo à empresa, e tinha a gerência corporativa de negócios da empresa como “patrocinador”. O trabalho durou 22 dias corridos. As seguintes atividades foram realizadas:

Tabela 4. Atividades da Análise de Riscos da Tecnologia

Atividade		Notas
01	Visita no smelter	Para observação do setor da redução e áreas que serão utilizadas para a implantação do projeto
02	Workshop de identificação de riscos - Duração total: 13,0 horas - Grupo de trabalho: 13 pessoas	Estruturado por disciplina e tendo a participação da gerência, consultoria e líderes de disciplina do projeto, representantes da operação e da manutenção, representante da área jurídica, representante da área de SSMA e representante da área corporativa de negócios.
03	Análise e pontuação dos fatores de risco da tecnologia	
04	Devolutiva e formulação do Plano de Gestão de Riscos	Plano de gestão de riscos elaborado pelos cinco gestores relacionados ao projeto.
05	Emissão do relatório final da Análise de Riscos	

3 RESULTADOS

A seguir estão resumidas as principais observações identificadas sobre a aplicação da tecnologia (Tabela 5).

Tabela 5. Principais observações da identificação de riscos

Fator de Risco	Observação	Notas
SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ALTERNATIVAS	Não foi aplicado processo formal de Seleção de tecnologia	Identificadas, pelo menos, duas outras opções: - Compensação horizontal - Atualmente utilizada na Albras (tecnologia Pechiney AP13) com tecnologia adquirida da Alumax (não mais atuante no mercado). - Tecnologia Pechiney - A tecnologia Pechiney, mais atual, apresenta configuração com quatro side risers, sem end risers. Uma planta na Nigéria, originalmente de tecnologia Reynolds P19, está reiniciando a operação modificada para tecnologia Pechiney.
OPÇÕES FUTURAS	-	Nenhuma das modificações propostas no projeto é tecnicamente irreversível ou impede futura expansão de capacidade ou alteração de arranjos. Não puderam ser percebidas restrições a evoluções futuras no smelter pela opção da tecnologia HAW.
DEPENDÊNCIAS E RESTRIÇÕES LEGAIS OU COMERCIAIS	-	Não foi possível identificar se seria possível à contratante comercializar a tecnologia adquirida para revenda, o que poderia ser uma opção comercial interessante.
BASE DE SUPORTE PARA TOMADA DE DECISÃO	As condições previstas para os testes devem diferir do caso-base	As principais diferenças referem-se à corrente de alimentação que, a princípio, seria de 175 kA, os revestimentos (atuais) e o tamanho do anodo (atual). Os dados da base de dados da HAW demonstram que para correntes mais baixas é obtida maior eficiência de corrente o que pode confundir a tomada de decisão. Também, a mudança dos revestimentos no meio do período de testes, caso ocorra, pode introduzir perturbações na estatística dos dados levantados, aumentando a dispersão.
	O período de testes até a “pré-aprovação” da verba para implantação é reduzido	Caso os testes iniciem imediatamente e prossigam até o final do ano, em função do limite para inclusão do investimento no ciclo orçamentário, teremos apenas três meses de testes para suportar a tomada de decisão, ou ao menos para uma “pré-aprovação” do investimento.
	Os dados da HAW demonstram que, a 180 kA, foi obtida uma EC média anual de 92,8% e, apenas em alguns meses, obteve-se picos de EC 93,6%	
FAIXA ÓTIMA DE DESEMPENHO	Poderá ocorrer variação de desempenho pela diferença entre as condições operacionais da HAW e as locais	- Qualidade dos anodos - Qualidade da alumina - Temperatura ambiente

Fator de Risco	Observação	Notas
HISTÓRICO CONHECIDO DA TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA	Tecnologia madura	A HAW introduziu a melhoria com side risers nos anos 90, tendo alcançado maturidade de tecnologia provada em aplicações operacionais (TRL=9).
	Tecnologia resultante de inovações incrementais	
	Ciclo de vida: É preciso avaliar qual é a sobrevida comercial da tecnologia HAW	Mesmo se o projeto alcançar o desempenho esperado, o movimento da concorrência para as novas de tecnologias com correntes 2 a 3 vezes maiores do que os 180 kA propostos poderá precipitar a obsolescência da tecnologia HAW e impactar negativamente a competitividade da contratante.
OUTROS FATORES DE RESTRIÇÃO OU DEPENDÊNCIA	Risco de elevação das emissões de Fluoreto de Alumínio	O escopo prevê a nova química de banho, com excesso de 9,0% de AlF_3 . Ainda que a melhoria da EC contribua para o controle de emissões devido à relação direta da EC com a temperatura do banho e desta com a emissão de fluoreto, não será possível aproveitar os testes para medição das emissões nas 10 cubas operando com o novo banho já que o seu efeito se dilui no volume de gases da linha. Não estão previstas medições diretas nas cubas-teste. Avanços no controle destas emissões têm sido obtidos na Noruega e Rússia com a introdução de sistemas de coleta e scrubbing de fluoreto, úmido ou seco, operando em circuito fechado, sem geração de resíduos. É importante verificar o desempenho esperado para a modernização proposta do sistema de tratamento de gases da contratante e manter a sua implantação em estreita sincronia com o cronograma de execução do projeto de modernização das cubas.
DOCUMENTAÇÃO E ENTENDIMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO SOBRE OS CRITÉRIOS E RESULTADOS DA TECNOLOGIA	O plano de teste está atualmente definido em nível macro.	Estabelecer e documentar os procedimentos, condições e período dos testes, período inicial de aprendizado, além dos registros, incertezas de medição e critérios de aceitação dos seus resultados. O plano de testes deve ser formalmente validado.
	Para atingir a alimentação de 180 kA, além de novo transformador retificador, será necessária a compra adicional de 25 MW	Apresentar, na avaliação econômica, diferentes cenários de preço desta demanda adicional

3.1 Avaliação dos Fatores de Riscos da Tecnologia

A análise demonstra que o risco associado à aplicação da tecnologia, no status atual de conhecimento da mesma, chega próximo ao nível de alerta (6,0). Ainda que a tecnologia seja provada e tenha alcançado maturidade, é preciso avaliar se a mesma não ficará obsoleta em pouco tempo frente às novas tecnologias da

concorrência, além disso, existem lacunas de conhecimento quanto à operação na condição local que a contratante deve cobrir antes da tomada de decisão pela implantação.

Como resultado da avaliação os gestores do projeto tiveram elementos objetivos para a proposta de ações que visam aumentar o conhecimento sobre a tecnologia proposta e fortalecer a base para tomada de decisão. As ações propostas foram registradas em um plano formal de gestão de riscos do projeto.

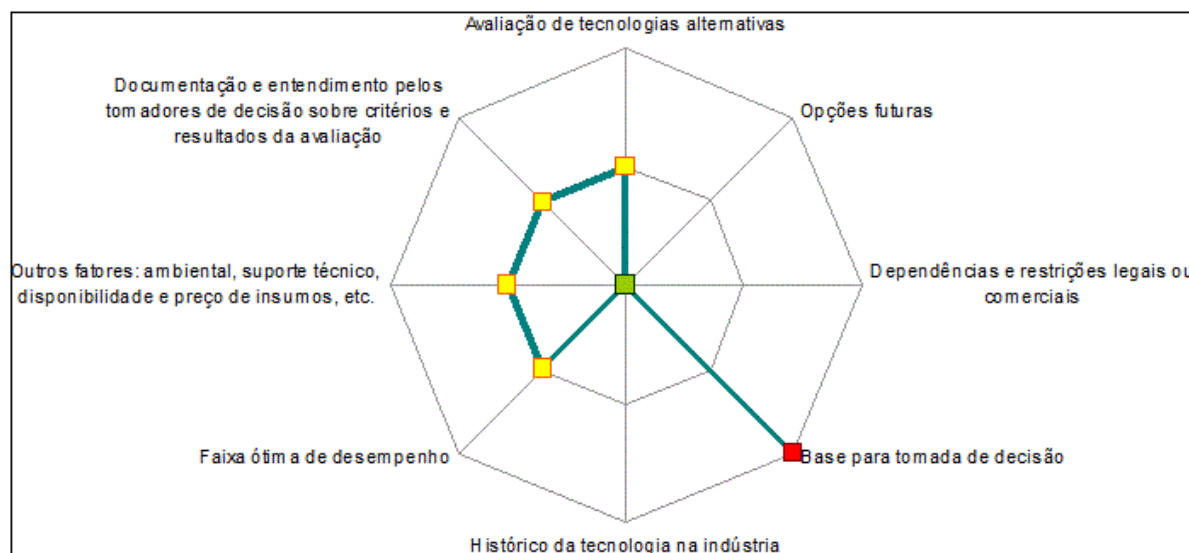


Figura 8. Avaliação dos fatores de risco da tecnologia.

4 DISCUSSÃO

O exemplo prático de aplicação demonstra o potencial da metodologia para a análise de riscos na aplicação de novas tecnologias. O método abrange as dimensões técnicas, comerciais e legais envolvidas no tema e permitiu o alcance de um nível adequado de detalhe para as questões técnicas.

Fica claro que a capacitação do facilitador é importante no processo uma vez que o workshop com a equipe do projeto constitui uma atividade central no processo. Recomenda-se que o facilitador realize uma preparação da análise incluindo: (1) extensa revisão bibliográfica; (2) visitas prévias a outras instalações que disponham de tecnologia similar e/ou alternativas; (3) entrevistas com fornecedores/proprietários de tecnologia; (4) entrevistas com especialistas da tecnologia e/ou do processo envolvido na aplicação tecnológica.

Além da capacitação, também é fundamental ao processo a independência da análise. Recomenda-se que a facilitação seja sempre que possível externa.

Existe oportunidade para aprofundar algumas dimensões na análise. Por exemplo, questões referentes a litígios em torno da tecnologia a adquirir e processos envolvendo anterioridade de patentes podem representar riscos legais importantes em transferências de tecnologia, muitas vezes ignorados pelo contratante. Recomenda-se que a facilitação da análise de riscos de tecnologia seja dupla: técnica e legal. O facilitador das questões legais deve ser um especialista em propriedade industrial.

5 CONCLUSÃO

Um método simples e reprodutível para a análise de riscos da tecnologia foi apresentado a partir da sua aplicação em um caso real de projeto da indústria do Alumínio envolvendo transferência de tecnologia.

Tal como aqui definido, o método é suficientemente genérico para ser aplicado em diferentes tipos de tecnologia para diferentes segmentos da indústria.

REFERÊNCIAS

- 1 PORTER, M. E. Vantagem Competitiva. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1992.
- 2 Significant technology improvements. Disponível em: www.hydro.com/en/Our-future/Technology/. Acesso em: 29 mai. 2013.
- 3 Irrnie, W. P. New Technology Developments in the Production of Non-Ferrous Metals. World of Metallurgy – ERZMETALL, n. 59, p. 9-18, 2006.
- 4 JUNG, C. F. Metodologia Científica e Tecnológica. Módulo 6 – Invenção e Inovação, 2009. Disponível em: www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/mod6.pdf. Acesso em: 08 mar. 2013.
- 5 LOPES, L. M. I. (CGCOM). Guia Básico – Patentes – outubro 2012. Disponível em: www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes. Acesso em: 08 mar. 2013.
- 6 ANDERSON, N.; JARSKOG, J. Front End of Innovation - A study of how mature companies can improve the initial stages of innovation. Linköping, Suécia: Linköping Institute of Technology, 2002.
- 7 JAYALATH, C. Understanding S-curve Innovation, abr. 2010. Disponível em: www.improvementandinnovation.com/features/article/understanding-s-curve-innovation/. Acesso em: 08 mar. 2013.
- 8 BOWDEN, M. J. Moore's Law and the Technology S-Curve, Disponível em: howe.stevens.edu/fileadmin/Files/research/HSATM/newsletter/v08/v8i1/bowden.pdf. Acesso em: 08 mar. 2013.
- 9 SANDÉN, B. A.; KARLSTRÖM, M. Positive and negative feedback in consequential life-cycle assessment. Journal of Cleaner Production, v. 15, n. 15, p. 1469–1481, Out. 2007.
- 10 CHRISTENSEN, C. M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Boston, Massachusetts, EUA. Harvard Business School Press, 1997.
- 11 LEIFER, R., et al. Radical Innovation - How mature companies can outsmart upstarts. Boston, Massachusetts, EUA. Harvard Business School Press, 2000.
- 12 LEIFER, R.; O'CONNOR, G. C.; RICE, M. A implementação de inovação radical em empresas maduras. RAE - Revista de Administração de Empresas. v. 42, n. 2, 2002.
- 13 Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance. Disponível em: www.acq.osd.mil/chieftechonologist/publications/docs/TRA2011.pdf. Acesso em: 09 mar. 2013.
- 14 MANKINS, J. C. Technology Readiness Levels: A White Paper. Disponível em: www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf. Acesso em: 09 mar. 2013.
- 15 WAGANER, L. ARIES Project Meeting, 12-13 December 2007, Atlanta. Anais eletrônicos. Atlanta: Georgia Tech. 2007. Disponível em: aries.ucsd.edu/ARIES/MEETINGS/0712/Waganer/TRL.ppt. Acesso em: 09 mar. 2013.
- 16 WEIJDE, G. V. D. Front-End Loading in the Oil and Gas Industry: Towards a Fit-For-Purpose Front-End Development Phase. Delft, Holanda. Delft University of Technology, Dez. 2008.
- 17 TAPIA, C. Research and Metrics Measuring Capital Project Best Practices - NWCC Meeting Feb. 2004. Disponível em: <http://www.nwccc.org/upload/tapia.pdf>. Acesso em 09 mar. 2013.
- 18 MCNULTY, T. P. Developing Innovative Technology. Mining Engineering. n. 50, p. 50-55. 1998.