

# ANÁLISE DE RISCOS APLICADA AOS ASPECTOS HÍDRICOS DE USINAS SIDERÚRGICAS UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) E BAYESIAN BELIEF NETWORKS(BBN)\*

*Geane Cristina Fayer<sup>1</sup>  
JoséCristiano Pereira<sup>2</sup>  
Leonardo Guimarães Ribeiro<sup>3</sup>  
Nelson Bolotari Junior<sup>4</sup>  
Paloma Molina Ferreira<sup>5</sup>*

## Resumo

A água é reconhecida mundialmente como um recurso limitado ao qual deve ser dada atenção particular. O Fórum Econômico Mundial no ano de 2017 classificou o risco denominado “Crise Hídrica” em termos de impacto em terceiro lugar, perdendo apenas para armas de destruição em massa e mudanças de clima. No Brasil, observa-se redução de pluviosidade a partir de 2012 para a região Nordeste e 2013 para a região Sudeste, sendo que, nesta última, a criticidade é atribuída à alta demanda e a poluição hídrica. O principal instrumento de gestão para este recurso é a legislação, que estabelece usos prioritários, ao qual a indústria não é inserida. O presente trabalho tem como objetivo criar um modelo e análise de riscos combinados com a utilização das ferramentas AHP e BBN para análise dos riscos advindos do cenário de crise hídrica para as indústrias siderúrgicas a fim de garantir a disponibilidade dos recursos hídricos necessários para garantir a operação segura deste tipo de indústria. A metodologia utilizada foi a de pesquisa exploratória, quando da aplicação das ferramentas probabilísticas AHP e BBN. Como resultado obtém-se uma matriz global de riscos hídricos para os processos siderúrgicos das empresas de um grupo siderúrgico no Brasil.

**Palavras-chave:**Análise de Risco; Escassez Hídrica; AHP/BBN; Indústria Siderúrgica

## RISK ANALYSIS APPLIED TO HYDRICAL ASPECTS OF STEEL PLANTS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) AND BAYESIAN BELIEF NETWORKS (BBN)

### Abstract

Water is recognized worldwide as a limited resource to which particular attention should be given. The World Economic Forum in 2017 ranked the so-called “Water Crisis” risk in terms of impact in third place, second only to weapons of mass destruction and climate change. In Brazil, rainfall reduction is observed since 2012 for the Northeast region and 2013 for the Southeast region, where the criticality is attributed to high demand and water pollution. The main management tool for this resource is the legislation, establishing priority uses, to which the industry is not inserted. The present work aims to create a risk analysis model combined with the use of AHP and BBN tools to analyze the risks arising from the water crisis scenario for the steel industries in order to guarantee the availability of the water resources necessary to ensure the safe operation for this type of industry. The methodology used was the exploratory research, when applying the AHP and BBN probabilistic tools. As a result, a global water risk matrix is obtained for the steel processes of the companies of a steel group in Brazil..

**Keywords:** Risk Analysis; Water shortage; AHP/BBN; Steel Industry.

- <sup>1</sup> *Engenheira de Produção, Mestre, Analista de Meio Ambiente, Meio Ambiente, Universidade Católica de Petrópolis / ArcelorMittal, Juiz de Fora, Minas Gerais e Brasil.*
- <sup>2</sup> *Engenheiro Mecânico, D.Sc, Professor, Mestrado em Sistemas de Engenharia, Universidade Católica de Petrópolis e Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, Rio de Janeiro e Brasil.*
- <sup>3</sup> *Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestre, Especialista de Meio Ambiente, Meio Ambiente, ArcelorMittal, Belo Horizonte, Minas Gerais e Brasil.*
- <sup>4</sup> *Estudante Engenharia Ambiental, estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais e Brasil.*
- <sup>5</sup> *Estudante Engenharia Ambiental, estudante, DOCTUM, Juiz de Fora, Minas Gerais e Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural peculiar, pois se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico. A utilização econômica fez com que a água passasse a ser reconhecida como um recurso, semelhante aos recursos minerais quando utilizados economicamente. Por outro lado, a escassez da água está fazendo com que se torne não mais um bem livre, abundante e disponível a todos, mas um recurso parco, ao qual é atribuído valor econômico e cuja utilização deve ser objeto de pagamento pelos usuários Barth and Barbosa (1999). Y. Qian (2016) define água como um recurso muito valioso, sustentando a vida humana, a produção, processos e ecossistemas. Assim, atenção particular deve ser dada à gestão dos recursos hídricos.

Segundo o relatório mundial das nações unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, publicado em 2016, metade da força de trabalho mundial está empregada em oito setores dependentes de recursos hídricos e naturais, a saber: agricultura, silvicultura, pesca, energia, manufatura com uso intensivo de recursos, reciclagem, construção e transporte. As análises realizadas por tal relatório destacam ainda que, mais de 1,4 bilhão de empregos, ou 42% do total de mão de obra mundial, são altamente dependentes dos recursos hídricos e 1,2 bilhão de empregos, ou 36% do total de mão de obra mundial, são moderadamente dependentes de recursos hídricos, ou seja, 78% dos empregos que constituem a mão de obra mundial são dependentes de recursos hídricos, o que faz com que a gestão hídrica seja importante também para a manutenção do desenvolvimento econômico e social.

Anualmente o Fórum Econômico mundial analisa e elenca os principais riscos mundiais do ponto de vista de probabilidade e impacto, relacionados aos temas: econômicos, sociais, geopolíticos, tecnológicos e ambientais. A avaliação da matriz de riscos, do Fórum Econômico Mundial do ano de 2017, assim como a evolução da classificação do risco de crises hídricas no cenário mundial, relacionados ao impacto desta ocorrência, corrobora com as informações destacadas pelo relatório das nações unidas. O risco "Crise Hídrica" até o ano de 2014 era considerado como um risco ambiental e a partir de 2015 começa a ser considerado como um risco social, além de ocupar a primeira posição na classificação destes riscos neste ano. Em 2017 este risco ocupa a terceira posição, perdendo apenas para armas de destruição em massa e mudanças de clima.

Na classificação do Fórum Econômico Mundial, a crise hídrica transcende a categoria ambiental e torna-se um risco para a sociedade. Em sua definição, a crise hídrica consiste em um declínio significativo na qualidade e quantidade disponíveis de água doce, resultando em efeitos prejudiciais para a saúde humana e/ou atividade econômica.

No Brasil, segundo o Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, publicado pela Agência Nacional das Águas – ANA, em 2017, de 2013 a 2016, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens. Foram quantificados 4.824 eventos de seca associados a danos humanos, sendo que o ano de 2016 foi o mais crítico quanto aos impactos da seca sobre a população.

Em cenários de crise hídrica, o setor industrial é um dos primeiros afetados, uma vez que a Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil estabelece como usos prioritários o consumo humano e a dessedentação de animais. Dada a importância

do recurso, uma vez que a água é insumo primordial na maior parte das indústrias, o setor necessita estabelecer planos de segurança hídrica que garantam a sustentabilidade operacional de seus processos.

O cenário de crescente pressão sobre os recursos hídricos, somado às variações climáticas e sua distribuição irregular no território, impõe à administração pública, à comunidade científica e à sociedade de modo geral, múltiplos desafios, que exigem novas ideias, novos estudos e soluções para uma a gestão das águas mais eficaz e eficiente.

Fengand Huang, 2008 - desenvolveram um modelo de avaliação de risco para escassez de água na cidade de Jinhua, na China. O modelo usou como premissa a necessidade de considerar simultaneamente o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental. Para a realização do estudo foi usada a metodologia de difusão da informação. Como conclusão o estudo validou a utilização da metodologia de difusão de informações para a avaliação do risco de escassez hídrica e, confirmou que, a continuidade dos níveis atuais de uso de água induzirá à escassez de recursos. Fontaine and Steinemann, 2009 - destacam em seu trabalho que, mesmo em estudos empíricos, os dados geralmente se concentram no perigo em si (por exemplo, na magnitude da falta de água) e não na vulnerabilidade geral, o que também consideraria os impactos (por exemplo, perdas por falta de água) e a capacidade de reduzir e mitigar aqueles impactos, tanto no curto quanto no longo prazo (por exemplo, aproveitamento de água, conservação de água). O método de avaliação de vulnerabilidades denominado "VAM" foi utilizado em um estudo de caso no Estado de Washington, onde se tem por objetivo avaliar a vulnerabilidade a secas em 34 subsetores de seis regiões do estado. Como conclusão os autores apresentam os indicadores de vulnerabilidade por setor e por região do Estado de Washington e reforçam a importância do envolvimento das partes interessadas no entendimento das vulnerabilidades e no estabelecimento das medidas de controle que reduzam os riscos, estas medidas traduzidas na metodologia com o aumento da capacidade de adaptação, além de destacar a importância do processo de identificação de vulnerabilidades, mais que da avaliação dos resultados. Por último reforçam a importância da avaliação não só da probabilidade, mas dos impactos dos riscos. Chenget al, 2017 - aplicam metodologia integrada para avaliar os riscos associados as operações dos reservatórios, considerando a necessidade de redução dos riscos de inundações em períodos de ocorrências de tufões e os riscos de períodos de escassez de água, em períodos de seca para diferentes configurações de limite superior das regras de operação de hedge no reservatório de Shin-Men. As metodologias utilizadas incluíram Simulação de Monte Carlo, programação linear inteira mista, modelo de simulação de nível de água baseado em Rede Neural de Propagação Reversa - BPNN, modelo de otimização de alocação de água para um sistema de distribuição baseado em fluxo de rede; e uma abordagem para avaliar riscos de excesso de diques e escassez e apresentou como conclusão influência significativa inerente à alteração das configurações do limite superior do reservatório em relação ao risco de escassez.

Durante a fase de pesquisa da literatura os estudos identificados, em sua maioria, abordam a necessidade de gestão dos recursos hídricos baseados na evolução da preocupação com o tema pelo mundo e apresentam medidas gerais para a redução do risco, porém sem desenvolver metodologias para priorização destes.

Com este trabalho pretende-se identificar e priorizar os riscos potenciais oriundos do cenário de crise hídrica nos processos das indústrias siderúrgicas de um grupo siderúrgico no Brasil, utilizando-se das ferramentas probabilísticas AHP (AnalyticHierarchyProcess), usada para determinar o impacto relativo de cada risco identificado, e BBN (BayesianBelief Networks), usada para avaliação da probabilidade de ocorrência do risco.

As questões a serem respondidas pela pesquisa são:

Quais os principais riscos para os processos siderúrgicos advindos do cenário de crise hídrica?

Contribuição: A identificação dos riscos é premissa para a criação do entendimento de como os processos se relacionam com o uso da água e como podem ser tratadas alternativas de substituição e redução de consumo de água nestes processos.

Como priorizar os riscos com a utilização das ferramentas AHP e BBN?

Contribuição: A priorização dos riscos é fundamental para a eficiência no processo de mitigação dos impactos causados por estes riscos ou atuação na redução de probabilidade de ocorrência. As estratégias de atuação serão tratadas de acordo com a priorização destes.

No capítulo 2 são apresentados os materiais e métodos e capítulo 3 os resultados e discussões da aplicação das ferramentas AHP e BBN e no capítulo 5 as conclusões obtidas através do modelo desenvolvido para priorização dos riscos advindos do cenário de crise hídrica para os processos siderúrgicos de um grupo siderúrgico no Brasil.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Materiais e Métodos

O artigo foi desenvolvido com base em dados obtidos através de pesquisa de campo e posterior aplicação das ferramentas probabilísticas AHP e BBN.

A pesquisa de campo seguiu o seguinte fluxo de obtenção:

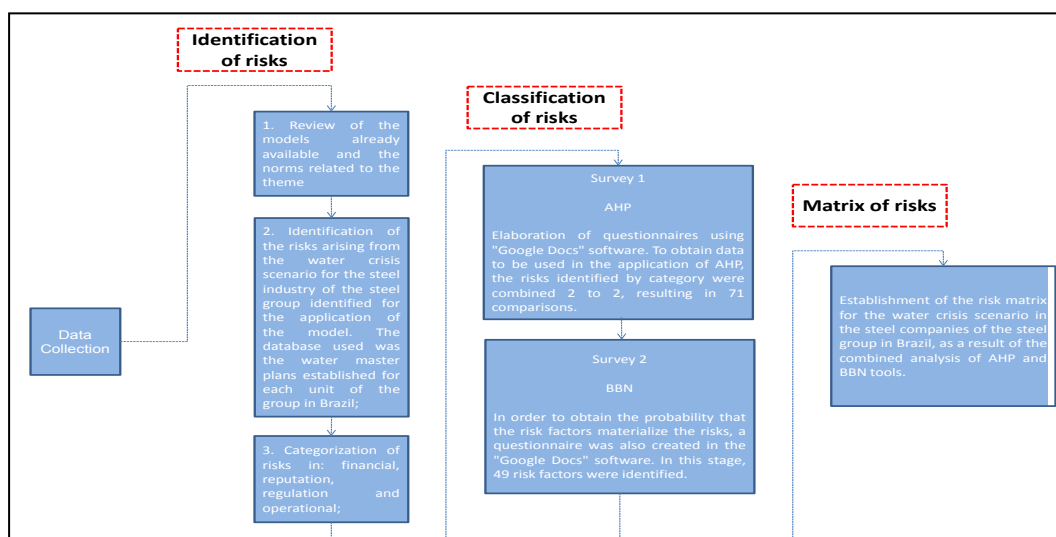


Figure 1: Data collection and implementation framework of this study

## 2.2 Resultados e Discussões

### 2.2.1 AHP

Os riscos foram categorizados e a seguir são apresentadas as matrizes resultantes da pesquisa por categorias.

Na tabela 1 são apresentados os resultados da AHP para os 8 riscos financeiros identificados.

RISCO FINANCEIRO	Aumento do pagamento pelo uso da água	Alterações de processos produtivos	Alterações no sistema de tratamento da água para atendimento aos requisitos de processo e consumo humano.	Aumento do consumo de produtos de tratamento de água	Alterações no processo de tratamento de efluentes	Pagamento de multas	Restrições de acesso à capital, taxas de empréstimos e seguros mais elevados	Perda de mercado (Market Share)	Pesos (Média)
Aumento do pagamento pelo uso da água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0303
Alterações de processos produtivos	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1292
Alterações no sistema de tratamento da água para atendimento aos requisitos de processo e consumo humano.	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0703
Aumento do consumo de produtos de tratamento de água	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0582
Alterações no processo de tratamento de efluentes	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0720
Pagamento de multas	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1340
Restrições de acesso à capital, taxas de empréstimos e seguros mais elevados	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1653
Perda de mercado (Market Share)	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3406
<b>TOTAL</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>

Tabela 1 - Matriz AHP normalizada e os pesos para cada risco – Risco Financeiro.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da AHP para os 7 riscos regulatórios identificados.

RISCO REGULATÓRIO	Suspensão de Licenças	Ações civis e criminais	Suspensão da Outorga	Restrição do Volume Outorgado	Suspensão do Fornecimento de água pela concessionária	Restrição do Fornecimento de água pela concessionária	Impossibilidade de expansão da produção em decorrência de não outorga de novos volumes de captação	Pesos (Média)
Suspensão de Licenças	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1906
Ações civis e criminais	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0530
Suspensão da Outorga	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2429
Restrição do Volume Outorgado	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0786
Suspensão do Fornecimento de água pela concessionária	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1906
Restrição do Fornecimento de água pela concessionária	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0955
Impossibilidade de expansão da produção em decorrência de não outorga de novos volumes de captação	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1490
<b>TOTAL</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1</b>

Tabela 2 - Matriz AHP normalizada e os pesos para cada risco – Risco Regulatório.

Na tabela 3 são apresentados os resultados da AHP para os 2 riscos de reputação identificados.



RISCO REPUTAÇÃO	Campanhas de ONG's contra a captação ou consumo industrial de água	Conflitos de uso com a população	Pesos (Média)
	Campanhas de ONG's contra a captação ou consumo industrial de água	0,2	
Conflitos de uso com a população	0,8	0,8	0,8333
<b>TOTAL</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>

Tabela 31 - Matriz AHP normalizada e os pesos para cada risco – Risco Reputação.

Na tabela 4 são apresentados os resultados da AHP para os 7 riscos operacionais identificados.

RISCO OPERACIONAL	Aumento de parada nos processos para reparos e trocas de peças	Paralisação do processo	Interrupção de fluxos de fornecimento por barragens	Comprometimento do ativo da empresa (tubulação) devido ao aumento da taxa de corrosão	Perda de eficiência nos processos de resfriamento	Quebra na cadeia de fornecimento de insumos críticos (ferro gusa, cal, ligas)	Comprometimento da qualidade do produto	Pesos (Média)
	Aumento de parada nos processos para reparos e trocas de peças	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	
Paralisação do processo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3169
Interrupção de fluxos de fornecimento por barragens	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1147
Comprometimento do ativo da empresa (tubulação) devido ao aumento da taxa de corrosão	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0810
Perda de eficiência nos processos de resfriamento	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1064
Quebra na cadeia de fornecimento de insumos críticos (ferro gusa, cal, ligas)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1200
Comprometimento da qualidade do produto	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2055
<b>TOTAL</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1</b>

Tabela 4 - Matriz AHP normalizada e os pesos para cada risco – Risco Operacional.

Para a avaliação dos riscos advindos do cenário de escassez hídrica as razões de consistência calculadas foram de: 0,1 para os riscos financeiros, 0,08 para o risco regulatório, 0 para risco de reputação e 0,1 para o risco operacional, logo todos os valores são  $\leq 0,1$  e, portanto, os valores possuem consistência para uso no modelo proposto.

### 2.2.1 BBN

Após a identificação das probabilidades foram construídos os diagramas com o auxílio do AGenarisk para cada categoria de risco identificada. Em seguida foram incluídas as probabilidades identificadas para os nós raízes e estabelecidas as relações entre os nós. Para este estudo é estabelecida a utilização do conectivo

lógico OU, pois os fatores de risco não possuem dependência um do outro para acontecerem, ou seja, são independentes. Logo, basta que apenas um fator de risco aconteça para que se tenha a materialização do risco. Do ponto de vista prático este é um fator complicador que aumenta a importância de se analisar os riscos advindos do cenário de crise hídrica para os processos siderúrgicos.

Após a inclusão das probabilidades o software nos retorna com a probabilidade de ocorrência de cada risco por categoria.

A seguir serão apresentados os diagramas por categoria referente a aplicação da BBN.

Para os riscos financeiros foram identificados 16 fatores de risco, que podem resultar em 8 riscos.

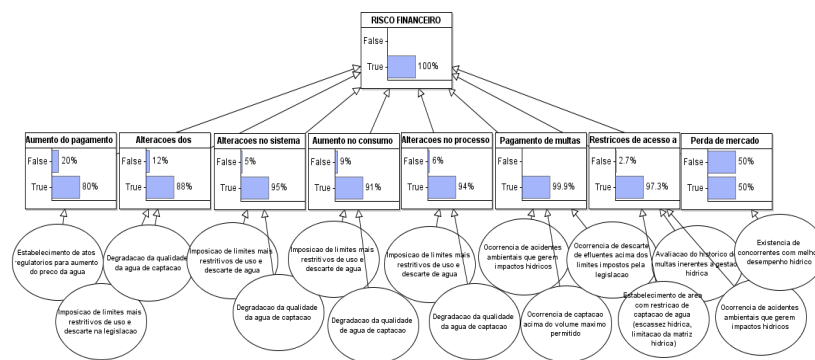


Figura 2 - Diagrama do Agenarisk – Risco Financeiro.

Para os riscos regulatórios foram identificados 16 fatores de risco, que podem resultar em 7 riscos.

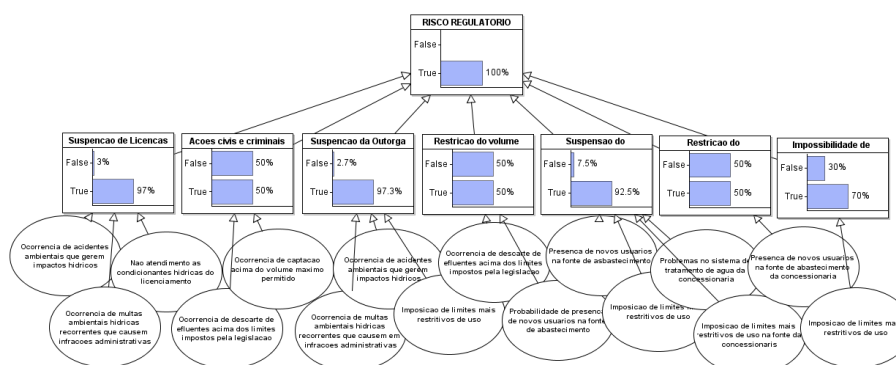


Figura 3 - Diagrama do Agenarisk – Risco Regulatório.

Para os riscos de reputação foram identificados 6 fatores de risco, que podem resultar em 2 riscos.



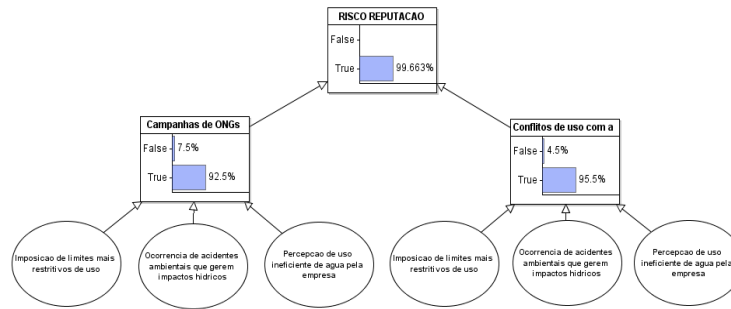


Figura 4 - Diagrama do Agenarisk – Risco Reputação.

Para os riscos operacionais foram identificados 11 fatores de risco, que podem resultar em 7 riscos.

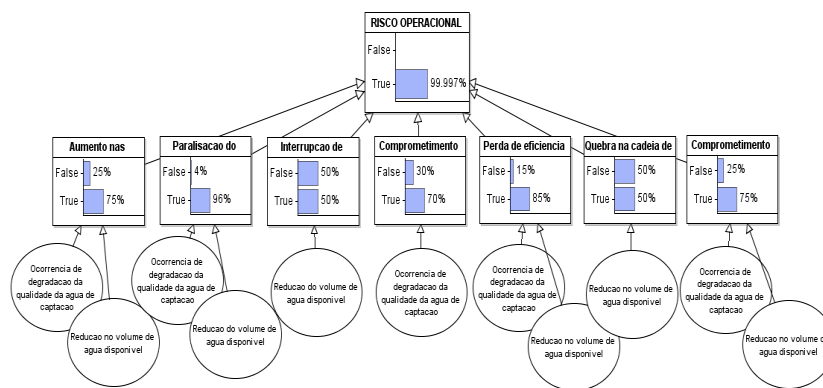


Figura 5 - Diagrama do Agenarisk – Risco Operacional. Fonte: Autor

### 2.1.3 Definição da Matriz de Risco

A aplicação do método de classificação é feita por categorias. Na tabela 5 é apresentada a classificação dos riscos que poderão resultar em maiores desembolsos ou dívidas para o negócio, os chamados riscos financeiros.

RISCO FINANCEIRO	Impacto (AHP)	Probabilidade (BBN)	Pontuação de Impacto	Pontuação de Probabilidade	Pontuação de Risco
Aumento do pagamento pelo uso da água	0,0303	0,80	1	4	4
Alterações de processos produtivos	0,1292	0,88	4	5	20
Alterações no sistema de tratamento da água para atendimento aos requisitos de processo e consumo humano.	0,0703	0,95	2	5	10
Aumento do consumo de produtos de tratamento de água	0,0582	0,91	2	5	10
Alterações no processo de tratamento de efluentes	0,0720	0,94	2	5	10
Pagamento de multas	0,1340	1,00	4	5	20
Restrições de acesso à capital, taxas de empréstimos e seguros mais elevados	0,1653	0,97	5	5	25
Perda de mercado (Market Share)	0,3406	0,50	5	3	15

Tabela 5 - Pontuações de impacto, probabilidade e risco – Risco Financeiro.

Na tabela 6 é apresentada a classificação dos riscos que poderão resultar em intervenções políticas ou regulatórias, os chamados riscos regulatórios.

RISCO REGULATÓRIO	Impacto	Probabilidade	Pontuação de Impacto	Pontuação de Probabilidade	Pontuação de Risco
Suspensão de Licenças	0,1906	0,97	5	5	25
Ações civis e criminais	0,0530	0,50	2	3	6
Suspensão da Outorga	0,2429	0,97	5	5	25
Restrição do Volume Outorgado	0,0786	0,50	2	3	6
Suspensão do Fornecimento de água pela concessionária	0,1906	0,93	5	5	25
Restrição do Fornecimento de água pela concessionária	0,0955	0,50	3	3	9
Impossibilidade de expansão da produção em decorrência de não outorga de novos volumes de captação	0,1490	0,70	4	4	16

Tabela 6 - Pontuações de impacto, probabilidade e risco – Risco Regulatório.

Na tabela 79 é apresentada a classificação dos riscos que poderão resultar em alterações negativas na percepção que os stakeholders têm do negócio, que podem influenciar outros riscos. São chamados de riscos de reputação.

RISCO REPUTAÇÃO	Impacto	Probabilidade	Pontuação de Impacto	Pontuação de Probabilidade	Pontuação de Risco
Suspensão de Licenças	0,1667	0,93	5	5	25
Ações civis e criminais	0,8333	0,96	5	5	25

Tabela 7 - Pontuações de impacto, probabilidade e risco – Risco de Reputação.

E, por fim, na tabela 8 é apresentada a classificação dos riscos operacionais.

RISCO OPERACIONAL	Impacto	Probabilidade	Pontuação de Impacto	Pontuação de Probabilidade	Pontuação de Risco
Aumento de parada nos processos para reparos e trocas de peças	0,0555	0,75	2	4	8
Paralisação do processo	0,3169	0,96	5	5	25
Interrupção de fluxos de fornecimento por barragens	0,1147	0,50	3	3	9
Comprometimento do ativo da empresa (tubulação) devido ao aumento da taxa de corrosão	0,0810	0,70	3	4	12
Perda de eficiência nos processos de resfriamento	0,1064	0,85	3	5	15
Quebra na cadeia de fornecimento de insumos críticos (ferro gusa, cal, ligas)	0,1200	0,50	3	3	9
Comprometimento da qualidade do produto	0,2055	0,75	5	4	20

Tabela 8 - Pontuações de impacto, probabilidade e risco – Risco Operacional.

Após a pontuação dos riscos, estes são inseridos em uma matriz global que os classificará em insignificante, tolerável, indesejável e intolerável. A matriz em questão será a diretriz para atuação nas estratégias de mitigação dos impactos e redução da probabilidade de ocorrência.

A matriz global dos riscos identificados e calculados para o cenário de escassez hídrica para os processos siderúrgicos é apresentada na figura 6.

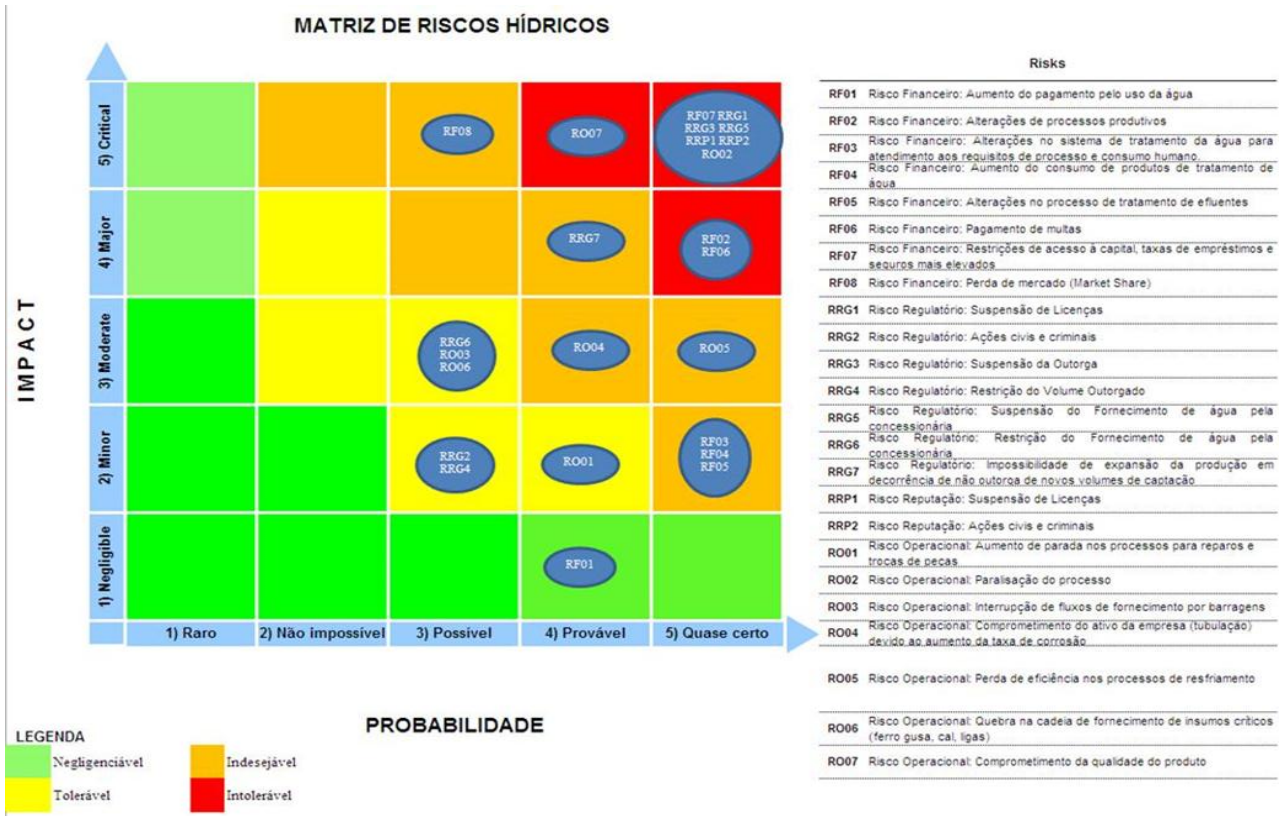


Figura 6 - Matriz Global de Riscos Hídricos para processos.

Em geral observa-se a tabela de riscos deslocada para probabilidades sempre possíveis, ou seja, a probabilidade de materialização dos riscos frente a ocorrência dos fatores de risco varia de possíveis a quase certo.

Na forma de tabela é possível apresentar a classificação dos riscos em ordem crescente das pontuações de risco resultantes do produto entre probabilidade e impacto. Os resultados são apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Classificação dos Riscos.

HIERARQUIA	TIPO DE RISCO	CÓDIGO MATRIZ DE RISCOS	DESCRIÇÃO DO RISCO	PONTUAÇÃO DE RISCO	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO
1	Risco Financeiro	RF07	Restrições de acesso à capital, taxas de empréstimos e seguros mais elevados	25	Intolerável
1	Risco Regulatório	RRG1	Suspensão de Licenças	25	Intolerável
1	Risco Regulatório	RRG3	Suspensão da Outorga	25	Intolerável
1	Risco Regulatório	RRG5	Suspensão do Fornecedor de água pela concessionária	25	Intolerável
1	Risco de Reputação	RRP1	Suspensão de Licenças	25	Intolerável
1	Risco de Reputação	RRP2	Ações civis e criminais	25	Intolerável
1	Risco Operacional	RO02	Paralisação do processo	25	Intolerável
2	Risco Financeiro	RF02	Alterações de processos produtivos	20	Intolerável
2	Risco Financeiro	RF06	Pagamento de multas	20	Intolerável
2	Risco Operacional	RO07	Comprometimento da qualidade do produto	20	Intolerável
3	Risco Regulatório	RRG7	Impossibilidade de expansão da produção em decorrência de não outorga de novos volumes de captação	16	Indesejável
4	Risco Financeiro	RF08	Perda de mercado (Market Share)	15	Indesejável
4	Risco Operacional	RO05	Perda de eficiência nos processos de resfriamento	15	Indesejável
5	Risco Operacional	RO04	Comprometimento do ativo da empresa (tubulação) devido ao aumento da taxa de corrosão	12	Indesejável
6	Risco Financeiro	RF03	Alterações no sistema de tratamento da água para atendimento aos requisitos de processo e consumo humano.	10	Indesejável
6	Risco Financeiro	RF04	Aumento do consumo de produtos de tratamento de água	10	Indesejável
6	Risco Financeiro	RF05	Alterações no processo de tratamento de efluentes	10	Indesejável
7	Risco Regulatório	RRG6	Restrição do Fornecedor de água pela concessionária	9	Tolerável
7	Risco Operacional	RO03	Interrupção de fluxos de fornecimento por barragens	9	Tolerável
7	Risco Operacional	RO06	Quebra na cadeia de fornecimento de insumos críticos (ferro gusa, cal, ligas)	9	Tolerável
8	Risco Operacional	RO01	Aumento de parada nos processos para reparos e trocas de peças	8	Tolerável
9	Risco Regulatório	RRG2	Ações civis e criminais	6	Tolerável
9	Risco Regulatório	RRG4	Restrição do Volume Outorgado	6	Tolerável
10	Risco Financeiro	RF01	Aumento do pagamento pelo uso da água	4	Negligenciável

### 3 CONCLUSÃO

No processo de identificação dos riscos foram elencados 24 riscos. Ao final do processo de aplicação das ferramentas probabilísticas destes riscos 10 (42%), foram classificados como intoleráveis, para os quais devem ser estabelecidas tratativas emergências. Observa-se que estes riscos relacionam-se diretamente à paralisação do processo produtivo, seja por atos regulatórios de suspensão de licenças ou outorgas, seja por questões operacionais relacionadas à disponibilidade hídrica. Sete riscos (29%) são classificados como indesejáveis. Tais riscos deverão



ser tratados logo após a mitigação dos riscos prioritários e estão relacionados, em sua maioria, a redução da disponibilidade de água, o que poderá causar paradas de processo. Seis riscos (25%) são classificados como toleráveis, e relacionam-se à redução da disponibilidade hídrica, porém com fatores de risco com menor probabilidade de ocorrência. Um risco (4%) classificado como negligenciável, tendo em vista que, mesmo com grande probabilidade de acontecer, possui baixo impacto financeiro devido ao preço cobrado pelo uso da água.

O conhecimento em detalhes dos riscos e fatores de risco, assim como a evolução e tendência de materialização dos riscos permite o estabelecimento de ações mitigadoras de impactos e redutoras de probabilidade, aumentando a segurança hídrica das operações.

## Agradecimentos

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de todos os autores envolvidos e os entrevistados que dispenderam seu tempo para a elaboração deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- 1 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017.
- 2 WORLD ECONOMIC FORUM. *The matrix of top 5 risks from 2007 to 2017*. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-risks-2017/the-matrix-of-top-5-risks-from-2007-to-2017/>>. Acesso em: 12. Jun. 2017
- 3 BRASIL. Lei n.º 9.433/97. Política Nacional de Recursos Hídricos, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2017.
- 4 CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil e o Setor Empresarial: desafios e oportunidades. Março, 2015.
- 5 SAATY, T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, 1980.
- 6 SEN, Parag. *Identification of environmental bottleneck using Bayesian Networks: a case study of an Indian pig iron manufacturing organization*. *Manufacturing Review*, v. 2, n. x, p. 17, 2015.
- 7 SHAHABI, Reza Shakoor; BASIRI, Mohammad Hossein; KAHAG, Mahdi Rashidi; *et al.* *An ANP-SWOT approach for interdependency analysis and prioritizing the Iran's steel scrap industry strategies*. *Resources Policy*, v. 42, p. 18–26, 2014.