

## **APERFEIÇOANDO O PROCEDIMENTO PADRÃO PARA A ANÁLISE DE DEMANDA BÍOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) DA ÁGUA NO ESTADO DA PARAÍBA.**

(1) Marcelo da Silva Pedro; (2) Nelson Medeiros de Assis Júnior; (3) Eduardo Augusto da Silva Diniz; (4) Genaro Zenaide Clericuzi

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, marcelopedroz@hotmail.com; (2) Universidade Federal da Paraíba; (3) Universidade Federal do Rio Grande do Norte; (4) Universidade Federal da Paraíba

### **Introdução**

A análise de águas é um procedimento importante para determinar as classificações para consumo humano das diversas fontes hídricas existentes, assim como atestar a qualidade de tratamentos aplicados para o reaproveitamento da água (CONAMA, 2008). Diversas empresas atuam na fiscalização e normalização ambiental através da detecção de indicadores de poluentes ecológicos, para desenvolver ações de vigilância e controle da qualidade da água, realizando o monitoramento de mananciais de captação e da potabilidade da água para consumo humano, bem como procedimentos em situações de emergência (FUNASA, 2004).

A água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. No Brasil, os padrões de qualidade da água, segundo as diferentes classes, são estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) na Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, que fixa os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. E a resolução nº 357, de 17 de março de 2005 e nº 357/2005 e Resolução Conama nº 396/2008, estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes líquidos. (VEIGA, 2005)

A medida da DBO, um parâmetro importante para detectar a presença de matéria orgânica na água (FUNASA, 2014), mostra alguns desafios operacionais. É proposto a aplicação da ferramenta da qualidade denominada Análise do Modo e Efeito de Falha ou simplesmente FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis) para melhorar o procedimento padrão de medida da DBO feita pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente - Paraíba (SUDEMA PB), que realiza análises de água provenientes de todo o estado. O FMEA é uma técnica utilizada como maneira de garantir que fontes de falha tenham sido localizadas (CARVALHO, 2013).

De forma geral, objetivou-se definir indicadores para orientar um processo de otimização do procedimento de análise da DBO, conseguindo-se uma melhor prestação de serviço à população por parte da SUDEMA. Especificamente, buscou-se compreender os riscos de trabalho envolvidos em laboratório químico, propondo alternativas que facilitem e/ou promovam melhor visibilidade e normalização sobre Boas Práticas de Laboratório (BPL) e biossegurança; prospectar possíveis falhas de precisão nas análises, propor melhorias para

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

[www.conadis.com.br](http://www.conadis.com.br)

sua realização e monitoramento e propor um procedimento operacional padrão melhorado para a análise.

## **Metodologia**

A matéria orgânica de água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores. O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbicos. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (FUNASA, 2014).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio foi determinada pelo o seu cálculo indireto, onde se calculou a diferença de Oxigênio Dissolvido (OD) através do método de Winkler modificado pela azida sódica ou Teste DBO 5-Dia, que consiste na análise das amostras de água em vidros de DBO (FUNASA, 2014). Os OD's calculados foram preenchidos manualmente em formulários, uma vez no momento da incubação e uma segunda vez no quinto dia de incubação onde se realizava as medidas da DBO. A aplicação do FMEA de processos realiza a análise de falhas a fim de detectar riscos do processo de obtenção das DBO's e prevenir falhas em sua execução. Relacionando gravidade do efeito (G), ocorrência da causa (O) e capacidade de detecção (D) para expressar o quanto o procedimento está desviando de sua conformidade, tornando possível uma releitura da realização do procedimento e geração de ações preventivas para reduzir ou eliminar as fontes de erros (MACHADO, 2012).

## **Resultados e Discussão**

A aplicação do FMEA de processos realiza a análise de modos e falhas, afim de detectar riscos do processo de obtenção das DBO's e prevenir falhas em sua execução. Relacionando gravidade do efeito (G), ocorrência da causa (O) e capacidade de detecção (D) para expressar o quanto o procedimento está desviando de sua conformidade. Tornando possível uma releitura da realização do procedimento e geração de ações preventivas para reduzir ou eliminar as fontes de erros.

A princípio definiu-se o processo, sua não conformidade, as causas básicas das falhas e seus meios de detecção, de acordo com a Figura 1. Em seguida definiu-se escalas para cada variável, projetou o painel do FMEA com as situações descritas para cada elemento e obteve o índice de riscos para situação. Por fim, priorizou cada falha e esclareceu ações de prevenção para melhoria do processo.

	<b>Efeito da Falha</b>	<b>Causa Básica da Falha</b>	<b>Meio de Detecção</b>
<b>Análise de DBO</b>	Resultados fora dos Parâmetros.	Contaminação por Sucção da Solução.	Presença de maior demanda de matéria de OD após a incubação.
		Água de Diluição irregular.	Revisão da assepsia das Vidrarias.
		Vidrarias contaminadas	
		Coleta Indevida da Amostra.	Verificar as condições dos pontos de coleta.
	Falha no período de incubação.	Verificação da Temperatura Adequada e do período de 5 dias.	

Figura 1 – Sintetização do processo em análise do FMEA do processo.

Para hierarquizar os itens analisados pelo FMEA, utilizou-se uma escala de 1 a 5 partindo da menor para a maior significância de ocorrência e gravidade, mostrado na Tabela 1. Onde para a ocorrência estabelece valores apontando a probabilidade de a falha ocorrer, e para a gravidade o quanto severo é o efeito da causa para gerar a falha.

Tabela 1 – Relação de escala: peso para a ocorrência de causa (O) e gravidade do efeito (G).

Remota	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
1	2	3	4	5

De modo semelhante enumerou para a capacidade de detecção (Tabela 2), onde “muito alta” significa que o operador durante a operação quase que certamente será possível verificar e detectar a falha do processo e “remota”, implica que o programa de verificação não detectara a falha.

Tabela 2 – Relação de escala: Peso para a probabilidade de detecção da falha do processo

Remota	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
5	4	3	2	1

Abaixo é projetado e preenchido o painel do FMEA de processo para análise das DBO's, o índice de risco foi calculado pelo produto das três variáveis em questão, como mostra a Figura 2. O formulário estabelece ainda dados sobre o responsável pela sua execução, sua data de execução e fornece uma visão clara e objetiva da relação de falha e efeitos.

FMEA de Processo		ELABORADO POR:			DATA: __/__/__		
PROCESSO	POSSÍVEIS FALHAS				MEIO DE DETECÇÃO	DETECÇÃO	ÍNDICE DE RISCO (GxOxD)
	EFEITO DA FALHA	GRAVIDADE	CAUSA BÁSICA DA FALHA	OCORRÊNCIA			
	Resultados fora dos Parâmetros.	5	Pipetagem via oral	4	Presença de maior demanda de matéria OD após a incubação.	3	60
		4	Água de Diluição irregular.	4	Revisão da assepsia das Vidrarias.	4	64
		4	Mal Esterilização o das Vidrarias	3		4	48
		3	Coleta Indevida da Amostra.	2	Verificar as condições de coleta e seus pontos.	4	24
		5	Falha no período de incubação.	2	Acompanhamento da T (°C) e tempo de incubação.	2	20

Figura 2 – Formulário preenchido do FMEA do processo de obtenção das DBO's.

Quanto mais elevado o índice de risco (GxOxD) sobre a causa, maior a urgência de adotar ações corretivas, conforme a Figura 3. Através de uma análise gráfica dos índices é possível obter uma visão global sobre as necessidades de melhora do processo e em seguida propor ações preventivas.

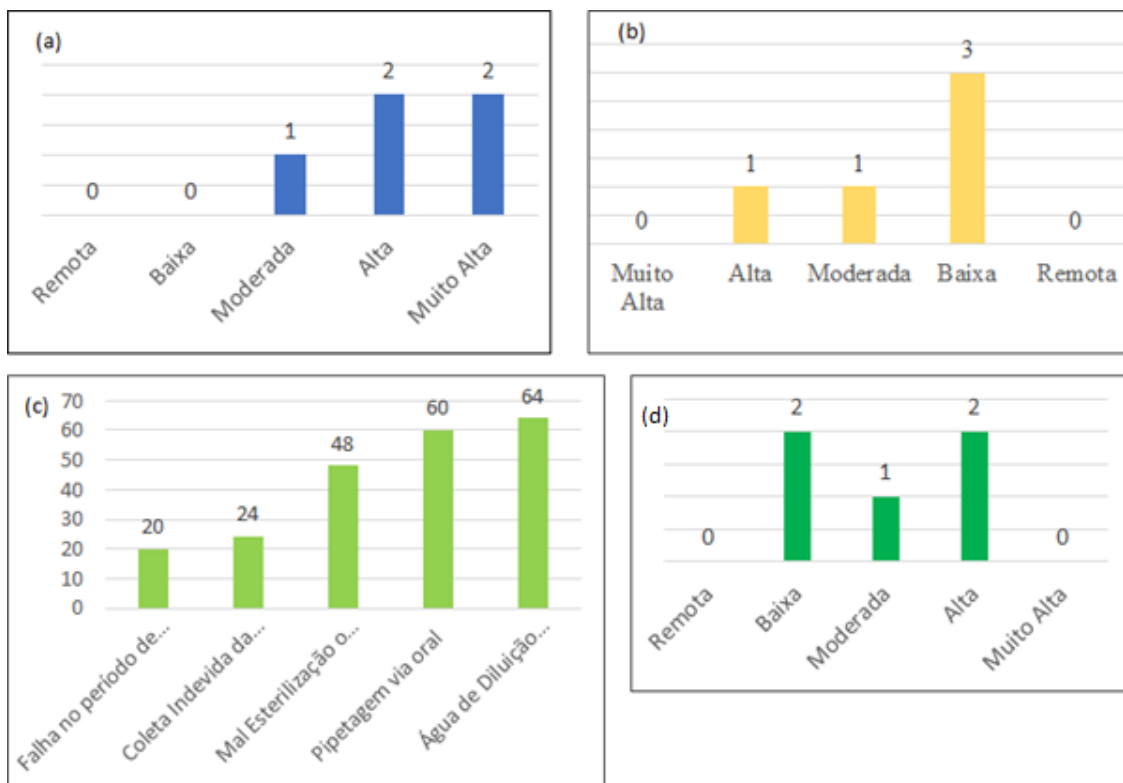


Figura 3 – Variação dos índices de gravidade (a), ocorrência (d), detecção (b) e variação do índice de risco (c).



Os gráficos acima evidenciam que o processo ocorre com um nível de gravidade oscilando entre moderado e muito alto, ocorrências de falhas do processo instável entre baixa e alta, e contrastando com um nível de detecção em quase sua totalidade sendo baixo.

Com os dados obtidos do formulário do FMEA e a sua análise gráfica é possível sugerir algumas medidas de prevenção afim de otimizar o processo. Assim é descrito na Tabela 3 um quadro com possíveis soluções, setor responsável e tempo de execução.

Tabela 3 – Medidas de prevenção para otimização do processo.

<b>Medidas</b>	<b>Prazo</b>	<b>Responsável</b>
Elaboração de Mapas de Risco	1 mês	Técnicos e coordenação do laboratório
Treinamento sobre biossegurança e BTL	1 mês	Coordenação e departamento pessoal
Revisão das metodologias de análise	1 mês	Técnicos e coordenação do laboratório
Introduzir o teste de glutamina para o teste de diluição	1 mês	Técnicos e coordenação do laboratório

O processo ocorre com um nível de gravidade oscilando entre moderado e muito alto, ocorrências de falhas do processo instável entre baixa e alta, e contrastando com um nível de detecção em quase sua totalidade sendo baixo. A classificação apontou para os principais riscos do processo de obtenção de DBO's pelo o modelo clássico de incubação. Com base na análise do formulário de FMEA e verificação pela análise empírica, é possível evidenciar os principais fatores responsáveis pela ineficiência do procedimento, que como consequência gerava o retrabalho da operação. A partir da quantificação e classificação, as medidas de ação foram sugeridas conforme o peso do índice de risco.

## **Conclusões**

Os trabalhos resultaram numa tabela de índice de risco (GxOxD). Quanto mais elevado o índice de risco de uma causa, maior a urgência de adotar ações corretivas. Através de uma análise gráfica dos índices foi possível obter uma visão global sobre as necessidades de melhora do processo e em seguida propor ações preventivas. De acordo com essa análise, a água de diluição irregular (índice de risco 64) e a pipetagem via oral (índice de risco 60), ambos presentes nos procedimentos que o método de Winkler, são as causas principais que resultam numa análise errônea, que deverá ser descartada. De acordo com a análise completa do FMEA, foi proposto como ações de melhoria a elaboração de mapas de risco, o treinamento sobre biossegurança, a revisão das metodologias de análise e a proposição do teste de glutamina para a água de diluição. Foi proposto também uma versão atualizada de procedimento operacional padrão (RICE et al., 2012). Este trabalho permitiu, de forma clara e direta, determinar ações corretivas no processo de medida da DBO. Através do índice de riscos foi possível escalar a hierarquia de atuação pelo o uso de medidas corretivas para as causas de falhas, propondo melhorias. Foi possível destacar a importância das boas práticas de laboratório como cruciais para organização, higienização e bem-estar das pessoas. O uso da gestão da qualidade serviu como ferramenta para promover uma visão geral do processo e fornecer indicadores para o otimizar. O passo seguinte consiste em introduzir as melhorias e realizar o acompanhamento das novas práticas.

**Palavras-chave:** Demanda Bioquímica de Oxigênio, FMEA, análise de água.

### Referências Bibliográficas

- AURELIANO, Joana Teresa. "Balneabilidade das praias de Pernambuco o núcleo metropolitano." Recife: UFPE. *Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais* (2000).
- Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – Brasília: Funasa, 2014.
- CARVALHO, MARLY, and EDSON PALADINI. *Gestão da qualidade: teoria e casos.* Elsevier Brasil, 2013.
- CROSBY, Philip B. **Qualidade é Investimento.** Rio de Janeiro: José olympio: 1986.
- DEZOTTI, Márcia. **Processos e técnicas para o controle ambiental de afluentes líquidos.** Rio de Janeiro: Papers, 2008. CUTOLO, Silvana Audrá.
- <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> acessado em 20 ago. 2017. (Acessado em Março de 2017).
- JUNIOR, E. J. C., **Implantação do FMEA em laboratório para a melhoria dos processos de pesquisa: um estudo de caso.** In: XV SEPROSUL SIMPOSIO DE INGENIERIA DE LA PRODUCCION SUDAMERICANO, 2015, Sorocaba/SP - Brasil. Trabalho apresentado. São Paulo: Conference Paper, 2015. p.1-4.
- NR, NORMA REGULAMENTADORA MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** 2009. <http://www.aguahesp.com.br/agua2.htm>, acessado em 20 ago. 2017.
- RODRIGUES, Marcus Vinicius. Ações para a qualidade: **GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigmas, classe mundial.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.
- RESOLUÇÃO CONAMA, no 396, de 3 de abril de 2008 Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.
- MACHADO, S. S., – **Gestão da qualidade** / – Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- RICE, E.W., BAIRD, R.B., EATON, A.D. AND CLESCERI, L.S. (Eds.) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works, Water Environment Federation, Washington DC, 2012.
- ZAMBOM, Rafael Appoloni; BARCA, Luiz Fernando (Comp.). **Projeto do laboratório de análises físico-químicas de petróleo da unifei: levando em consideração as boas práticas laboratoriais.** Revista P&d em Engenharia de Produção, Minas Gerais, p.01-12, 29 nov. 2008. Semanal.