



**VINÍCIUS RIBEIRO DOS SANTOS**

***BUSINESS PROCESS MANAGEMENT* COMO MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO DO  
SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM GRANJA DE POSTURA EM  
MINAS GERAIS, BRASIL**

**LAVRAS-MG**

**2019**

**VINÍCIUS RIBEIRO DOS SANTOS**

***BUSINESS PROCESS MANAGEMENT* COMO MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO DO  
SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM GRANJA DE POSTURA EM  
MINAS GERAIS, BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de bacharel.

**Prof. Dr. Luis Antônio Coimbra Borges**  
**Orientador**

**LAVRAS-MG**  
**2019**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me dado sabedoria e forças para superar as adversidades.

Aos meus queridos pais, Lucy e Luciano, por toda paciência, carinho, dedicação e esforço. Obrigado por não medirem esforços para tornar possível a realização dos meus sonhos.

À Marina, por compartilhar comigo momentos difíceis e alegres ao longo de todo esse caminho. Obrigado por sempre ser minha fonte de paz e conforto.

À minha família pelo carinho e incentivo, em especial, às minhas avós Dulce e Maria Paulina e ao meu tio Marcelo. Onde quer que estejam, essa conquista também é de vocês.

Aos meus queridos amigos de República e do curso de Engenharia Ambiental. Obrigado por todos os momentos que passamos juntos, sem vocês não teria a menor graça!

A todos os professores que me acompanharam durante toda essa jornada, em especial ao Professor e orientador Luis Antônio, que não mediu esforços para me ajudar sempre que necessário.

Ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFLA, que permitiu a realização do sonho de me tornar Engenheiro.

A todos que de alguma forma estiveram presentes, essa conquista é de todos nós!

## RESUMO

Propomos nessa pesquisa uma adaptação do método de gestão de processos *Business Process Management* (BPM) aplicado ao tratamento de efluentes de granjas de postura. Utilizando o método de gestão de processos *Business Process Management* (BPM), foi possível padronizar a mudança do processo por meio das etapas de planejamento, modelagem, execução e análise. Na etapa de modelagem realizamos o mapeamento do sistema e elaboramos dois fluxogramas, um do processo atual e outro do processo otimizado, utilizando a linguagem do método *Business Process Modeling Notation* (BPMN) e por consequência propusemos novas tecnologias de tratamento para o efluente. No processo atual identificamos pontos críticos no sistema como a falta de investimento no setor ambiental da organização, a alta concentração de matéria orgânica, fenóis e nitrogênio amoniacal no efluente, além de equipamentos obsoletos que dificultavam a operação da estação de tratamento. Deste modo, por meio do método de gestão de processos foi possível elaborar um novo procedimento para a otimização da estação de tratamento de efluentes, proporcionando um efluente dentro dos padrões exigidos por lei e que irá gerar benefícios tanto para a organização quanto para o meio ambiente e a comunidade local.

**Palavras chave:** Gestão de processos, Águas residuais, Modelagem de sistemas, Recursos hídricos, Licenciamento ambiental.

## **ABSTRACT**

We propose in this research an adaptation of the Business Process Management (BPM) applied to the treatment of effluents from egg farms. Using the Business Process Management (BPM), it was possible to standardize the process change through the planning, modeling, execution and analysis steps. In the modeling stage, we performed the system mapping and elaborated two flowcharts, one of the current process and the other of the optimized process, using the Business Process Modeling Notation (BPMN) method language and, consequently, we proposed new treatment technologies for the effluent. In the current process we identified critical points in the system such as the lack of investment in the environmental sector of the organization, the high concentration of organic matter, phenols and ammoniacal nitrogen in the effluent, as well as obsolete equipment that hindered the operation of the treatment plant. In this way, through the process management method, it was possible to elaborate a new procedure for the optimization of the effluent treatment station, providing an effluent according to the standards required by law and that will generate benefits both for the organization and for the environment and local community.

**Keywords:** Process management, Wastewater, Systems modeling, Water resources, Environmental licensing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz de conjugação de classe e critérios locacionais de enquadramento.....	15
Figura 2: Ciclo do <i>Business Process Management</i> (BPM) utilizado nas organizações.....	19
Figura 3: Localização do empreendimento em relação ao município e ao Rio Verde. ....	25
Figura 4: Localização do empreendimento em relação a serra da Mantiqueira. ....	25
Figura 5: Parâmetros de DBO e DQO da entrada e saída do afluente da outra unidade após o tratamento na estação. ....	28
Figura 6: Parâmetros de Fenóis e Nitrogênio Amoniacal da entrada e saída do afluente da outra unidade após o tratamento na estação. ....	28
Figura 7: Parâmetros de DBO e DQO da entrada e saída do afluente do setor de classificação de ovos após o tratamento na estação. ....	29
Figura 8: Parâmetros de Fenóis e Nitrogênio Amoniacal da entrada e saída do afluente do setor de classificação de ovos após o tratamento na estação.....	30
Figura 9: Fluxograma do modelo atual da estação de tratamento de efluentes elaborado no <i>software</i> Bizagi Modeler. ....	32
Figura 10: Fluxograma do novo modelo da estação de tratamento de efluentes elaborado no <i>software</i> Bizagi Modeler. ....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de tratamento, mecanismos utilizados na remoção e principais poluentes removidos. ....	16
Tabela 2: Padrões de lançamento de esgotos e efluentes em cursos hídricos no estado de Minas Gerais. ....	17
Tabela 3: Parâmetros para o lançamento de efluentes em corpos hídricos classe 2. ....	18
Tabela 4: Eficiência da remoção dos compostos pelo reator UASB. ....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definição das etapas do <i>Business Process Management</i> .....	20
Quadro 2: Objetivos de fluxo para aplicação do BPM. ....	22
Quadro 3: Objetivos de conexão para aplicação do BPM.....	23
Quadro 4: Vantagens e desvantagens do uso do tratamento com reator UASB. ....	34
Quadro 5: Vantagens e desvantagens do uso do tratamento de lodo ativado.....	35
Quadro 6: Vantagens e desvantagens do filtro de carvão ativado. ....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C - Graus Celsius

BPM - *Business Process Management*

(Gestão de Processos de Negócios)

BPMI - *Business Process Management Initiative*

(Iniciativa de Gestão de Processos de Negócios)

BPMN - *Business Process Model and Notation*

(Notação para Modelagem de Processos de Negócios)

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DN - Deliberação Normativa

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ha – Hectare

LAS - Licença Ambiental Simplificada

LP - Licença Prévia

LI - Licença de Instalação

LO - Licença de Operação

NWG - *Notation Working Group*

(Grupo de Trabalho de Notação)

OMG - *Object Management Group*

(Grupo de Gestão Objetiva)

pH - Potencial Hidrogênionico

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RCA - Relatório de Controle Ambiental

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável

SUPRAM - Superintendência Regional de Meio Ambiente

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

(Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente)

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.2 Objetivos gerais .....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Licenciamento ambiental em Minas Gerais.....	13
2.2 Tratamento de efluentes .....	15
2.2.1 Níveis de tratamento de efluentes.....	15
2.2.2 Legislação aplicável ao tratamento e lançamento de esgotos e efluentes.....	16
2.3 <i>Business Process Management</i> .....	18
2.3.1 Gerenciamento dos processos .....	19
2.3.2 Modelagem pelo <i>Business Process Modeling Notation</i> .....	21
3 METODOLOGIA .....	24
3.1 Tipo de pesquisa.....	24
3.2 Local do projeto.....	24
3.3 Desenvolvimento da pesquisa .....	26
4 RESULTADOS .....	26
4.1 Planejamento do BPM .....	26
4.2 Modelagem e otimização dos processos .....	27
4.2.1 Mapeamento da atual estação de tratamento de efluentes .....	27
4.2.2 identificação dos pontos críticos .....	32
4.2.3 Proposta do novo sistema de tratamento de efluentes .....	33
4.3 Execução dos processos.....	37
4.4 Controle e análise dos dados.....	38
5 DISCUSSÃO .....	38
5.1 Propostas do BPM em outros projetos.....	38
5.2 Alternativas escolhidas para o tratamento .....	39
6 CONCLUSÃO .....	41
7 REFERÊNCIAS.....	42

## 1 INTRODUÇÃO

Os empreendimentos com potencial poluidor precisam atender as condicionantes ambientais exigidas pelo poder público para renovar suas licenças ambientais. Dentre essas condicionantes está inserido o controle da geração de efluentes, que em Minas Gerais deve obedecer aos padrões estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Nesse sentido, estão enquadradas granjas de postura, que visam reduzir os impactos negativos à comunidade local, que usam a água para diversos fins. A não conformidade dos empreendimentos os torna passível de multa pelo poder público e os empreendimentos podem não conseguir a renovação de sua licença de operação por não atender a condicionante ambiental de lançamento de efluentes nos corpo hídricos.

Os empreendimentos tem a necessidade de otimizar seu processo de tratamento de efluentes para melhorar a qualidade do corpo hídrico, a vida da população local e continuar exercendo suas atividades. Uma forma de observar os pontos de melhoria de gestão é mapear a estação de tratamento o esquematizando de maneira a entender o sistema e identificar seus pontos críticos. Para tal, o método de gestão de processos *Business Process Management* (BPM) é considerado uma ótima alternativa para tonar mais eficiente o sistema de tratamento de efluentes dos empreendimentos, pois propõe um caminho a ser seguido até que ocorra um processo final com um resultado satisfatório. Segundo Cruz (2008), quando a empresa decide utilizar da modelagem BPM, primeiramente é necessário mapear seus processos, para que seja possível estabelecer qual será o escopo do projeto.

A elaboração de fluxogramas com o método *Business Process Modeling Notation* (inserido dentro do BPM na etapa de modelagem) permite a utilização de sua própria linguagem, facilitando o entendimento do processo, possibilitando identificar os pontos críticos da atual estação de tratamento de efluentes e elaborar um novo fluxograma com um uma estação de tratamento de efluentes capaz de eliminar os pontos críticos do antigo sistema e atender os padrões de lançamentos de efluentes nos corpos hídricos estabelecidos pelo poder público.

### 1.2 Objetivos gerais

Buscamos no presente trabalho analisar o processo de uma estação de efluentes de um empreendimento aviário do ramo de postura em Minas Gerais e, com auxílio do método

BPM, propor formas de padronizar e otimizar o processo, visando amenizar impactos negativos em cursos d'água.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Licenciamento ambiental em Minas Gerais**

O licenciamento é uma importante ferramenta de controle das atividades que causam impactos ao meio ambiente, utilizada pelo poder público (COSTA; MARTINS; PEGADO, 2009). É um procedimento burocrático, porém necessário, uma vez que permite a regulamentação dos empreendimentos, diminuindo os efeitos negativos gerados por estes no meio ambiente (CERQUEIRA; ALVEZ, 2010).

Com vista a isso, em Minas Gerais coube às Superintendências Regionais de Meio Ambiente (SUPRAM), o papel de gerenciar e executar as atividades de regularização, fiscalização e controle ambiental na sua respectiva área de abrangência territorial, além de controlar as atividades administrativo/financeiras descentralizadas, a partir das diretrizes provenientes das subsecretarias da SEMAD (MINAS GERAIS, 2016c).

A Resolução CONAMA n° 237 de 1997 traz uma concepção mais completa, com definições, responsabilidades, critérios técnicos e diretrizes gerais. Definindo o licenciamento ambiental como um procedimento administrativo, pelo qual o órgão competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas aplicáveis ao caso (CONAMA, 1997).

O licenciamento compreende três tipos de licença. A primeira é a Licença Prévia (LP), que pode ser obtida na fase inicial de um empreendimento, aprovando sua concepção e localização. Essa licença avalia a viabilidade ambiental da atividade desenvolvida, estabelecendo condicionantes ambientais que devem ser cumpridas para a obtenção das demais licenças. Após o cumprimento das exigências da LP, deve ser requerida a Licença de Instalação (LI), que autoriza a instalação do empreendimento de acordo com o projeto, os estudos ambientais apresentados e os planos, programas e medidas de controle ambiental. Nessa fase também são estabelecidas condicionantes que devem ser cumpridas para a obtenção da Licença de Operação (LO). Essa última autoriza o início das atividades do empreendimento e também estabelece outras condicionantes e medidas de controle para a fase

de operação. A LO só é concedida se houver o efetivo cumprimento de todas as exigências das licenças anteriores (CONAMA, 1997).

A Deliberação Normativa (DN) COPAM nº 217 de 2017, estabelece critérios locais e distribui pesos 0, 1 ou 2 de acordo com o local onde o empreendimento está sendo instalado (área de preservação permanente, área com curso d'água classe especial, área com predominância de cavernas, entre outros). A classificação por porte dos empreendimentos é determinada de acordo com parâmetros fixados nas listagens das atividades. Já o potencial poluidor/degradador é obtido com a união dos potenciais impactos nos meios físico, biótico e antrópico de um empreendimento. Dessa forma, o enquadramento é feito pela combinação do porte (pequeno, médio e grande) com o potencial poluidor/degradador geral, classificando as atividades nas classes 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 (COPAM, 2017).

Para as classes 1 e 2 são levados em conta os empreendimentos e atividades de impactos ambientais não significativos, ficando dispensados do licenciamento ambiental, mas sujeitos, obrigatoriamente, a uma Licença Ambiental Simplificada (LAS). Nas classes 1 e 2 também ocorre o Relatório Ambiental Simplificado (RAS), com expedição da Licença Ambiental Simplificada (LAS), denominada LAS/RAS, a qual poderá ser realizada eletronicamente, em uma única fase, por meio de cadastro ou da apresentação do Relatório Ambiental Simplificado (COPAM, 2017).

Já os empreendimentos das classes 3, 4, realizam a licença ambiental concomitante (LAC), a qual são concedidas as licenças prévia, de instalação e operação concomitantemente (LAC 1). Quando é concedida primeiro a licença prévia e concomitantemente as licenças de instalação e de operação ou primeiro as licenças prévia e de instalação e posteriormente a de operação, ocorre a modalidade chamada de LAC 2 (COPAM, 2017).

Empreendimentos 5 e 6 estão sujeitos ao licenciamento ambiental trifásico (LAT), o qual as licenças são concedidas cada uma por vez, apoiados na Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Dessa forma, é necessária a elaboração de estudos ambientais, os quais podem ser: o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), com seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); ou Relatório de Controle Ambiental (RCA) (COPAM, 2017).

As modalidades de licenciamento são estabelecidas através da matriz de conjugação de classe e critérios locais de enquadramento presente na COPAM nº 217 de 2017, conforme a Figura 1 abaixo:

Figura 1: Matriz de conjugação de classe e critérios locais de enquadramento.

		CLASSE POR PORTE E POTENCIAL POLUIDOR/DEGRADADOR					
		1	2	3	4	5	6
CRITÉRIOS LOCACIONAIS DE ENQUADRAMENTO	0	LAS - Cadastro	LAS - Cadastro	LAS - RAS	LAC1	LAC2	LAC2
	1	LAS - Cadastro	LAS - RAS	LAC1	LAC2	LAC2	LAT
	2	LAS - RAS	LAC1	LAC2	LAC2	LAT	LAT

Fonte: Minas Gerais (2017)

## 2.2 Tratamento de efluentes

Nos processos industriais, a água é utilizada em muitos processos como matéria-prima, solvente, meio de transporte, agente de limpeza, fonte de vapor. Após sua utilização, a água retorna à natureza com dejetos, suja, sem condições de uso e quando chega aos rios, está com alto poder contaminante, ocasionando a sua poluição (COSTA et al., 2009).

De acordo com a NBR 9800/1987 efluente do processo industrial são todos os despejos que provém das águas de processamento industrial, que compreendem os que têm origem no processo de produção, águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes que possam receber poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento. Sendo assim ele se torna o resultado da mistura de várias correntes geradas em diferentes etapas do processo produtivo (CAMMAROTA, 2011).

### 2.2.1 Níveis de tratamento de efluentes

O tratamento de esgotos é classificado de acordo com os seguintes níveis: a) tratamento preliminar; b) tratamento primário; c) tratamento secundário; d) tratamento terciário ou avançado. O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção de sólidos grosseiros como areia, pedregulho, galhos ou outros materiais maiores que eventualmente podem ser arrastados junto com o esgoto, enquanto o tratamento primário tem o objetivo de remover sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Ambos fazem a remoção por mecanismos físicos. Já o tratamento secundário visa à remoção de matéria orgânica por meio

de oxidação biológica, onde eventualmente ocorre a remoção de nutrientes. Já o tratamento terciário ou avançado objetiva a remoção de poluentes específicos ou a remoção complementar de poluentes não removidos no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

Na Tabela 1 estão descritas as operações unitárias que compõem os níveis de tratamento e os poluentes removidos em cada um.

Tabela 1: Níveis de tratamento, mecanismos utilizados na remoção e principais poluentes removidos.

<b>Nível de tratamento</b>	<b>Mecanismos de remoção</b>	<b>Principais poluentes removidos</b>
Tratamento preliminar	Gradeamento, desarenador, equalizador.	Areia, galhos e sólidos grosseiros.
Tratamento primário	Decantadores, caixa de gordura e flotores.	Sólidos sedimentares, sólidos suspensos, óleos e graxas.
Tratamento secundário	Lodos ativados, lagoas de estabilização, filtros biológicos, biofilmes.	Matéria orgânica, coliformes termotolerantes.
Tratamento terciário	Desinfecção, ozonização, processos oxidativos avançados.	Patógenos e nutrientes.

Fonte: Barros et al (1995) e Von Sperling (2005)

### **2.2.2 Legislação aplicável ao tratamento e lançamento de esgotos e efluentes**

A legislação ambiental vigente no Brasil estabelece conceitos, padrões, normas e procedimentos para tratamento e lançamento de esgotos e efluentes nos recursos hídricos, por meio da classificação dos corpos de água, do padrão de lançamento e do padrão de corpo receptor (LEME, 2008).

Segundo a Deliberação Normativa Conjunta (COPAM/CERH-MG nº 01/2008), os padrões de lançamento são de efluentes são:

Tabela 2: Padrões de lançamento de esgotos e efluentes em cursos hídricos no estado de Minas Gerais.

<b>Parâmetros</b>	<b>Condições</b>
pH	Entre 6 e 9
Temperatura	< 40°C
Turbidez	Até 100 UNT
Sólidos sedimentáveis	1 mL/L
Óleos vegetais e gorduras animais	50 mg/L
DBO	Até 60 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75%
DQO	Até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 70%
Fenóis totais	0,5 mg/L
Manganês dissolvido	1,0 mg/L/mg
Nitrogênio amoniacal total	20 mg/L

Fonte: Adaptado da resolução (COPAM/CERH-MG n° 01/2008)

O padrão de lançamento de efluentes e o padrão de qualidade do corpo receptor também são definidos pela resolução CONAMA n° 357/2005. Com os dados apresentados na resolução é possível verificar se o efluente tratado atinge os critérios estabelecidos para ser classificado quanto a qualidade. O art. 4° trata das águas doces, que podem ser classificadas em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

A classe do corpo hídrico cujo o empreendimento aviário descarta o efluente é classificado como classe 2, dessa maneira, poderão receber lançamentos no mesmo padrão ou padrões do nível classe especial ou classe 1. Abaixo estão descritos os critérios estabelecidos para a classe 2.

#### Classe 2

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) À equicultura e à atividade de pesca (CONAMA, 2005).

Na Tabela 3 estão registrados os principais parâmetros que compõe a caracterização do efluente, com finalidade de lançamento. Todos os parâmetros pertencem a classe 2.

Tabela 3: Parâmetros para o lançamento de efluentes em corpos hídricos classe 2.

Parâmetros	Condições
pH	Entre 6 e 9
Temperatura	< 40°C
Turbidez	Até 100 UNT
DBO 5dias a 20°C	3 à 5 mg/l
Nitrogênio amoniacal total	3,7 mg/l N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/l N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/l N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/l N, para pH > 8,5
Oxigênio Dissolvido	Não inferior a 5 mg/l de O <sub>2</sub>
Fenóis totais	0,003 mg/L

Fonte: Resolução CONAMA n° 357/2005

### 2.3 Business Process Management

O BPM é uma metodologia que tem como finalidade otimizar o controle organizacional através de suas ferramentas. Trata-se de uma abordagem estruturada, com base na visão por processos, de análise e melhoria contínua das etapas do processo de uma organização que acumula métodos, técnicas e ferramentas para o suporte ao planejamento, implantação, gerenciamento e análise (BALDAM et al., 2009).

Segundo Aalst; Hofstede e Weske (2003) BPM é uma técnica moderna que suporta processos de negócios usando um software para especificar, controlar, executar e analisar processos empresariais nos quais envolvam pessoas, empresas, aplicações, documentos e outras fontes de informações.

Baldam et al., (2009) argumentam que através do BPM, a organização é capaz de aplicar metas de melhoria, eliminar retrabalho, burocracia e custos desnecessários, além de alinhar as atividades da organização à estratégia, padronizar atividades dentro das unidades organizacionais, melhorar informações para sistemas de gerenciamento, dentre outros benefícios.

Com a aplicação do BPM nas organizações, reformula-se toda a estrutura desde as tarefas mais simples até as mais complexas. Suas ferramentas monitoram o andamento dos processos de uma forma rápida com baixo custo e fácil entendimento. O BPM permite

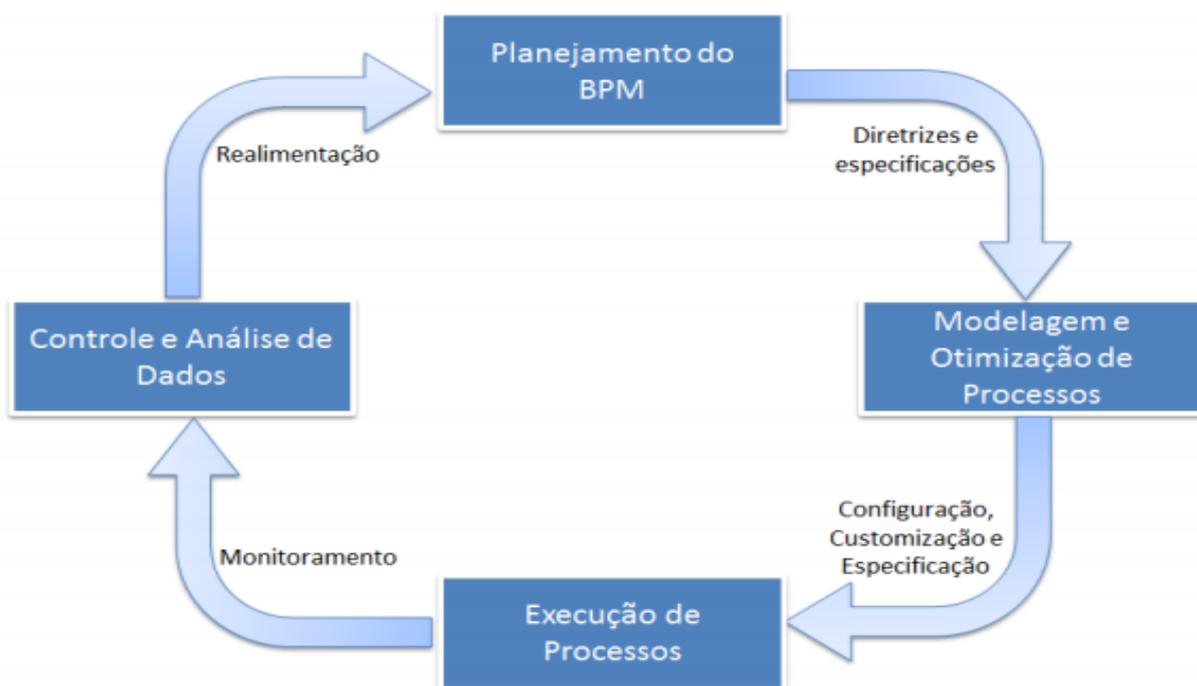
modelar o processo existente, testar inúmeras variações, gerenciar melhorias ou inovações que a organização pretenda seguir (SMITH; FINGAR, 2007).

### 2.3.1 Gerenciamento dos processos

Entre os modelos modernos de BPM, se encontra o de Smith e Fingar (2007), que propõe um ciclo de vida dividido em oito fases: 1-descoberta, 2-modelagem, 3-distribuição, 4-execução, 5-interação, 6-controle, 7-otimização e 8-análise do processo. Já o modelo proposto por Baldam et al., (2009), cria uma visão integrada do ciclo de BPM e compõe-se de quatro fases: 1-planejamento, 2-modelagem e otimização de processos, 3-execução, 4-controle e análise de dados.

Os modelos propostos convergem em vários pontos, desde o conteúdo até a sequência da aplicação, o que varia entre eles é a ênfase dada a cada etapa. O modelo criado por Baldam et al., (2009) baseia-se no modelo anterior de Smith e Fingar (2007). Porém, o número de etapas é reduzido, simplificando a metodologia do BPM, sendo mais visível sua aplicação.

O ciclo do BPM proposto por Baldam et al., (2009) está representado de acordo com a Figura 2.



Fonte: Baldam et., (2009)

Quadro 1: Definição das etapas do *Business Process Management*.

Etapa	Descrição
Planejamento do BPM	Nesta etapa são estabelecidos quais são os processos mais importantes para a estratégia da organização, realizando a análise dos pontos fracos, verificando as falhas no processo. É feita a escolha dos planos de ação para implantação e uma hierarquização dos processos que demandam de uma imediata ação (BALDAM et al., 2009).
Modelagem e otimização dos processos	Quando a empresa decide utilizar-se da modelagem BPM, primeiramente precisa mapear seus processos, para que seja possível definir qual será o escopo do projeto, o importante é que tanto escopo quanto método estejam claramente definidos (CRUZ 2008). Essa etapa permite obter informações do processo atual e sobre o novo modelo a ser realizado, para isso é necessário compreender, documentar e coletar informações (BALDAM et al., 2009).
Execução de processos	Na fase de execução, são colocadas em prática as definições da etapa de modelagem e otimização do processo. Como é nesta etapa que o projeto passará aos usuários, cabe à organização e aos responsáveis pela implantação possuírem boa gestão da mudança, pois seus efeitos positivos e negativos se tornarão evidentes à medida que os novos modelos forem implantados (BALDAM et al., 2009).

Controle e análise de dados	Nesta etapa, as informações geradas são utilizadas para montar indicadores que darão aos tomadores de decisão informações sobre o comportamento dos processos. Estes indicadores são utilizados para monitorar o desempenho e avaliar os processos, a fim de garantir que estejam operando dentro da normalidade e de acordo com as estratégias da organização (BALDAM et al., 2009).
-----------------------------	---

### 2.3.2 Modelagem pelo *Business Process Modeling Notation*

O *Business Process Modeling Notation* (BPMN) fornece às empresas a capacidade de compreender os seus procedimentos internos de negócios em uma notação gráfica e dá às organizações a capacidade de comunicar esses procedimentos de uma forma padrão. Além disso, a notação gráfica facilita o entendimento das colaborações de desempenho e transações de negócios entre as organizações. Isso irá garantir que as empresas e participantes em seus negócios vão compreender-se e permitirá as organizações se adaptarem às novas circunstâncias de negócios interna rapidamente (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT INICIATIVE, 2016).

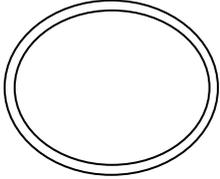
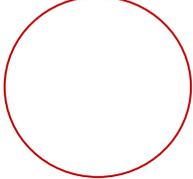
A especificação BPMN, tornou-se a mais popular notação de processos no ambiente de negócios (MARTÍNEZ et al., 2014), um dos motivos para ser o método empregado nesta pesquisa. Sua representação em diagramas se dá por meio de uma notação bastante intuitiva, garantindo o seu alicerce na perspectiva funcional e ampla compreensão sobre o funcionamento dos processos modelados, até mesmo quando trabalho com processos complexos. Segundo Chinosi e Trombetta (2012), a utilização do BPMN assegura o emprego de simbologia de fácil apreensão pelos usuários, desde os responsáveis pelo desenvolvimento e pela implementação, até aqueles que irão executar, gerenciar e monitorar os processos.

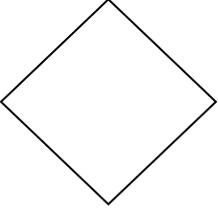
Assim, o BPMN cria uma ponte efetiva e padronizada para a lacuna entre a concepção de processos e a implantação do processo. Além disso, esta especificação representa a fusão das melhores práticas dentro da comunidade de modelagem, já que os membros do *Object Management Group* (OMG) incorporaram conhecimentos e experiências de diversas notações

existentes e procuraram consolidar as melhores ideias dessas notações divergentes em uma única notação padrão (BALDAM, VALLE e ROZENFELD, 2014).

O BPMN possui duas categorias básicas de elementos de modelagem: Objetos de fluxo e objetos de conexão. Que estão propostos nos Quadros 2 e 3 abaixo.

Quadro 2: Objetivos de fluxo para aplicação do BPM.

Nome	Descrição	Objetivo
Evento de início	Evento de início indicará onde o processo irá começar. Em termos de fluxo de sequência, o evento de início começa o fluxo do processo.	
Evento intermediário	Um evento é algo que “ocorre” no decorrer do processo. Estes eventos afetam o fluxo do modelo e geralmente têm uma causa ou um impacto.	
Evento de fim	Evento de fim indica onde o processo irá terminar. O evento de fim termina o fluxo do processo, ou seja, não haverá fluxos de sequência de saída.	
Tarefa	É uma atividade, que está incluída dentro do fluxo de um processo.	

<p><i>Gateways</i> (decisões)</p>	<p>Os <i>gateways</i> são locais dentro do processo, onde o fluxo de sequência pode tomar dois ou mais caminhos alternativos. É basicamente uma “bifurcação na estrada” para um processo.</p>	
-----------------------------------	---	---

Fonte: Adaptado BPMN 2.0

Quadro 3: Objetivos de conexão para aplicação do BPM.

Nome	Descrição	Objetivo
<p>Fluxo de sequência</p>	<p>Um fluxo de sequência demonstra a ordem em que as atividades serão realizadas em um processo.</p>	
<p>Fluxo de mensagens</p>	<p>Um fluxo de mensagens é utilizado para demonstrar o fluxo de mensagens entre dois que estão preparados para enviá-las e recebê-las.</p>	
<p>Associação</p>	<p>Uma associação é utilizada para associar informações. Anotações de texto e outros artefatos podem ser associados com elementos gráficos. Uma seta sobre a linha da associação indica uma direção de fluxo..</p>	

Fonte: Adaptado BPMN 2.0

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Tipo de pesquisa**

Pesquisa tecnológica do tipo descritiva, onde foi utilizado o método BPM de gestão de processos para otimização de estações de tratamento de efluentes de granjas de postura em Minas Gerais, por meio de um estudo de caso.

### **3.2 Local do projeto**

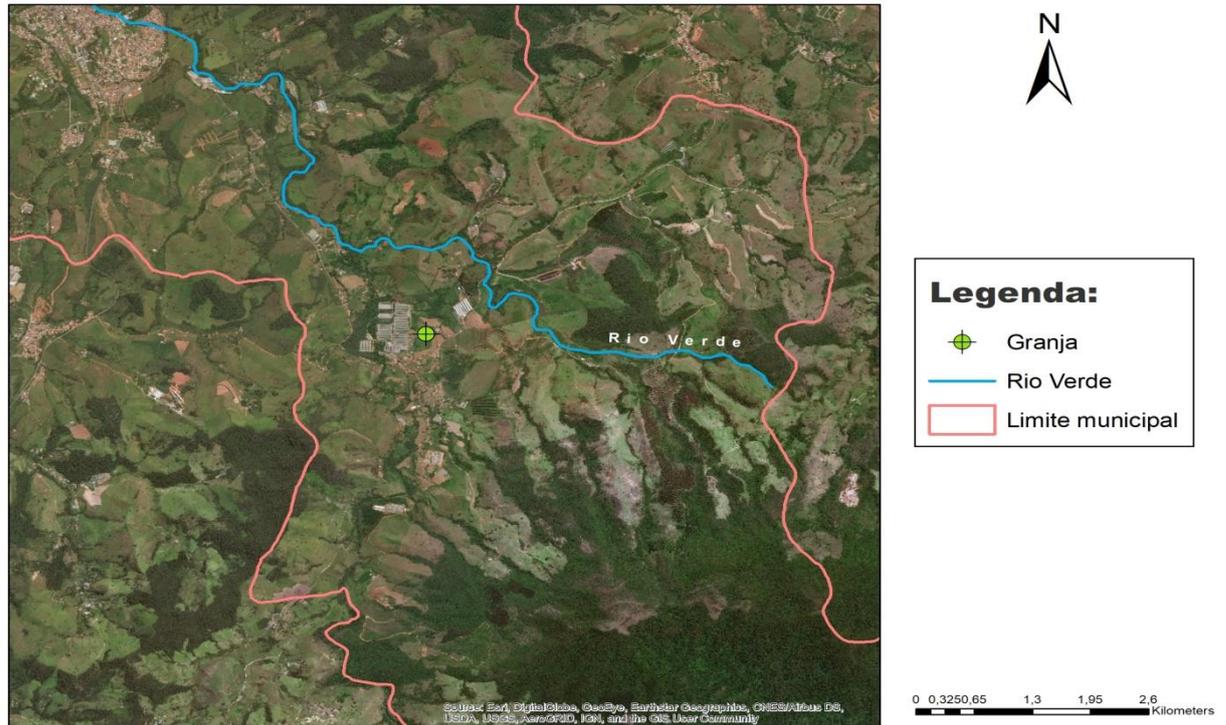
A atividade principal do empreendimento é a avicultura de postura com aproximadamente dois milhões e quatrocentas mil aves alojadas, sendo seu potencial poluidor/degradador geral pequeno, e seu porte grande, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM Nº 217 de 2017, o empreendimento se enquadra na classe 5 (SUPRAM, 2010).

O local do empreendimento está inserido em zona rural que fica cerca de 6 km da área urbana do município mais próximo. Possui uma área total de 873,67 ha de acordo com a escritura do imóvel. A Granja está inserida dentro dos limites da fazenda e ocupa uma área de aproximadamente 28 ha. Ao redor do empreendimento existem propriedades que também desenvolvem a atividade de avicultura de postura, e áreas de pastos, atualmente pode ser identificada uma pequena vegetação de mata atlântica (SUPRAM, 2010).

O empreendimento está localizado próximo a serra da Mantiqueira a 892 metros do nível do mar, na divisa entre o vale do Paraíba e o sul de Minas, segundo o ClimaDate (2018), a média da temperatura local no outono é de 19°C, inverno 15°C, primavera 20 °C e verão 22 °C. A região encontra-se ocupada basicamente por atividades com ênfase para a bovinocultura de leite extensiva, criação de trutas e a avicultura de postura. (SUPRAM, 2010)

O empreendimento capta e devolve o efluente tratado ao rio verde, que é um curso de água do estado de Minas Gerais que nasce na serra da Mantiqueira. Sua classificação quanto ao padrão de qualidade da água no ponto onde é captado segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, é definida como classe 2.

Figura 3: Localização do empreendimento em relação ao município e ao Rio Verde.



Fonte: ArcGIS (2019) e Google Earth (2019)

Figura 4: Localização do empreendimento em relação a serra da Mantiqueira.



Fonte: Google Earth (2019)

### **3.3 Desenvolvimento da pesquisa**

O projeto seguiu o ciclo do BPM proposto por Baldam et al., (2009), em que no planejamento do BPM foram apontadas as principais falhas na organização que a impedem de obter um resultado satisfatório em relação ao tratamento de efluentes, abordando desde os gestores até as etapas do tratamento. Após essa caracterização, foi realizada a hierarquização das falhas que necessitam de uma intervenção imediata.

A segunda etapa seguiu pela modelagem e otimização da estação de tratamento de efluentes do empreendimento, onde foi possível fazer dois fluxogramas utilizando o *software* Bizagi Modeler (programa que utiliza as figuras geométricas do BPMN em fluxogramas). O primeiro fluxograma foi o da atual estação de tratamento de efluentes, em que foram identificadas as falhas do processo. O segundo fluxograma apresentou uma proposta de sistema de tratamento de efluentes corrigindo as falhas do modelo anterior.

A execução dos processos foi a etapa responsável por fazer a transferência de conhecimento relativo à operação da nova estação de tratamento de efluentes e o treinamento para os colaboradores da organização responsáveis pelas atividades da estação. Esses colaboradores terão um papel fundamental para o resultado final do processo, onde um erro pode ocasionar um efluente fora dos padrões.

O último passo buscou realizar o controle e análise de dados, onde deverá ocorrer o monitoramento do funcionamento da estação de tratamento de efluentes, utilizando indicadores que poderão dar respostas se o BPM terá de reiniciar seu ciclo com um novo planejamento e otimização ou se o modelo proposto está apresentando o resultado esperado.

## **4 RESULTADOS**

Os resultados da pesquisa foram alcançados por avaliações visuais da gestão ambiental do empreendimento e entrevistas com colaboradores responsáveis pelo funcionamento da estação de tratamento de efluentes.

### **4.1 Planejamento do BPM**

Em relação ao planejamento, é necessário mudar vários pontos na organização para o processo ser aperfeiçoado. Segue abaixo a hierarquização dos principais pontos onde a organização deve sofrer mudanças.

- Mentalidade dos gestores: esse é o principal ponto onde a organização deve sofrer mudanças, é necessária a implantação de uma política ambiental para que ocorram investimentos no sistema de gestão ambiental da organização.
- Etapas do tratamento: a falta de um tratamento secundário, resulta em um efluente fora do enquadramento dos corpos hídricos definido pela resolução CONAMA nº 357/2005 e acima dos padrões determinados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, ocasionando por muitas vezes um efluente com um teor maior de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e fenóis. O armazenamento do lodo em *bags* (membranas que acumulam lodo) sem a presença de geomembranas para impermeabilizar o solo, gera poluição abaixo desses *bags*, podendo ocorrer contaminação do lençol freático.
- Equipamentos da estação de tratamento: a estação de tratamento de efluentes se encontra com equipamentos obsoletos, sua operação é feita manualmente e isso atrasa o processo de tratamento. É necessária a implantação de uma estação de tratamento de efluentes automatizada, onde o processo ficará mais rápido e eficiente.

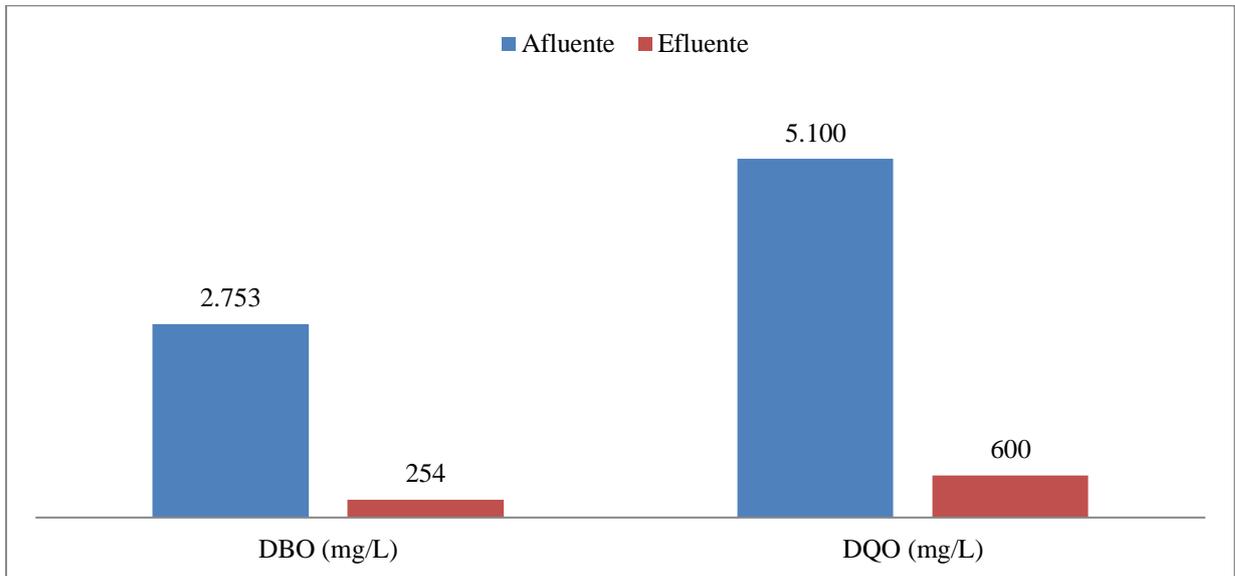
## **4.2 Modelagem e otimização dos processos**

### **4.2.1 Mapeamento da atual estação de tratamento de efluentes**

Nessa etapa foi elaborado o mapeamento da atual estação e proposto um novo sistema para otimização do processo.

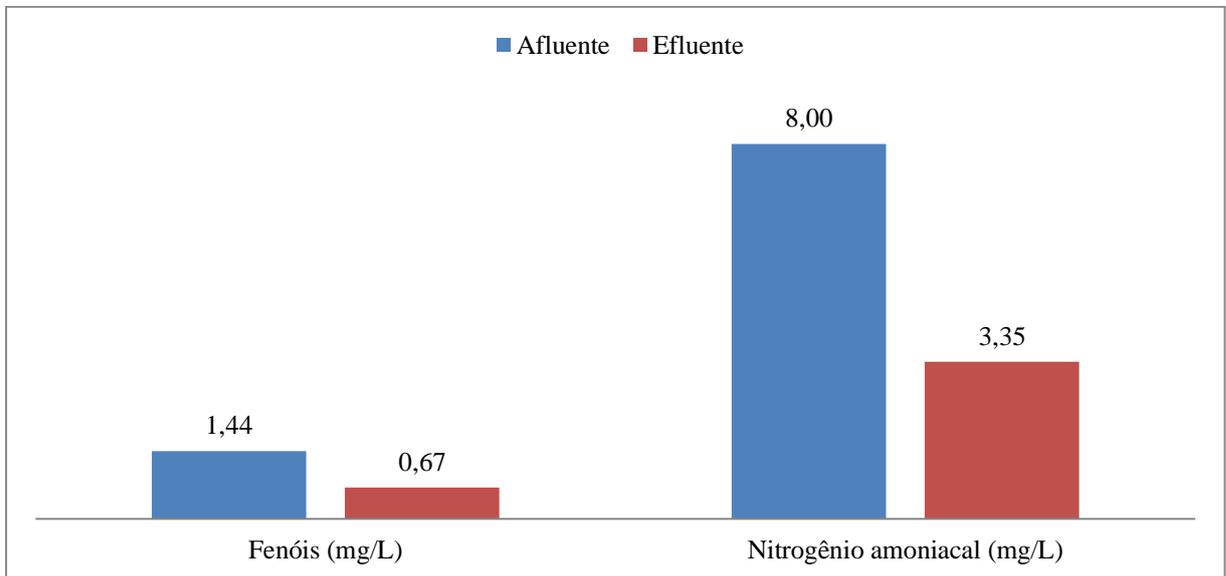
Os afluentes chegam à estação de tratamento por dois caminhos, o primeiro provém de outra unidade da granja que não conta com uma estação de tratamento de efluentes, por isso o afluente é carregado por um caminhão pipa até a estação de tratamento de efluentes da granja onde foi realizada a pesquisa. O segundo dirige-se do setor de classificação de ovos da própria unidade. Abaixo estão apresentados os parâmetros dos efluentes que devem ser aprimorados para estarem de acordo com as legislações do COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e CONAMA 357/2005.

Figura 5: Parâmetros de DBO e DQO da entrada e saída do afluente da outra unidade após o tratamento na estação.



Fonte: Laboratório de análises de efluentes contratado pelo empreendimento (2019)

Figura 6: Parâmetros de Fenóis e Nitrogênio Amoniacal da entrada e saída do afluente da outra unidade após o tratamento na estação.



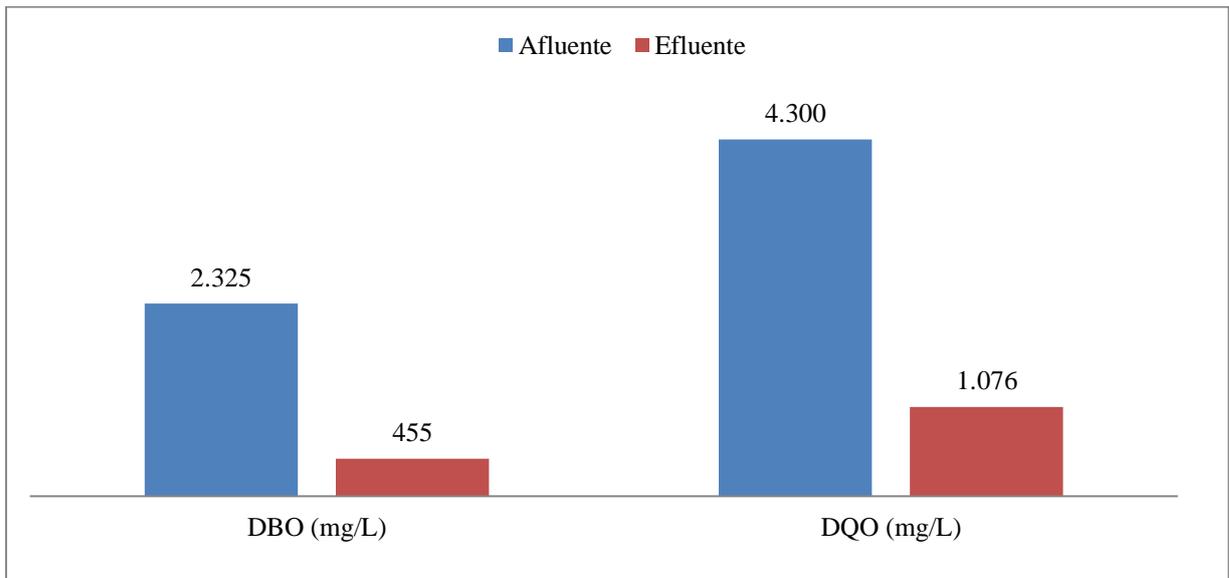
Fonte: Laboratório de análises de efluentes contratado pelo empreendimento (2019)

Em relação ao afluente da outra unidade é avaliado que em relação à matéria orgânica (DBO e DQO) o empreendimento consegue atender ao parâmetro da legislação COPAM/CERH-MG n° 01/2008, que deve ser realizada uma redução de 75% de DBO e 70% de DQO após o tratamento, mas se tratando de um curso d'água classe 2 ainda está sendo

descartada muita matéria orgânica alterando o enquadramento do curso e indo em contrapartida do estipulado pela legislação CONAMA 357/2005.

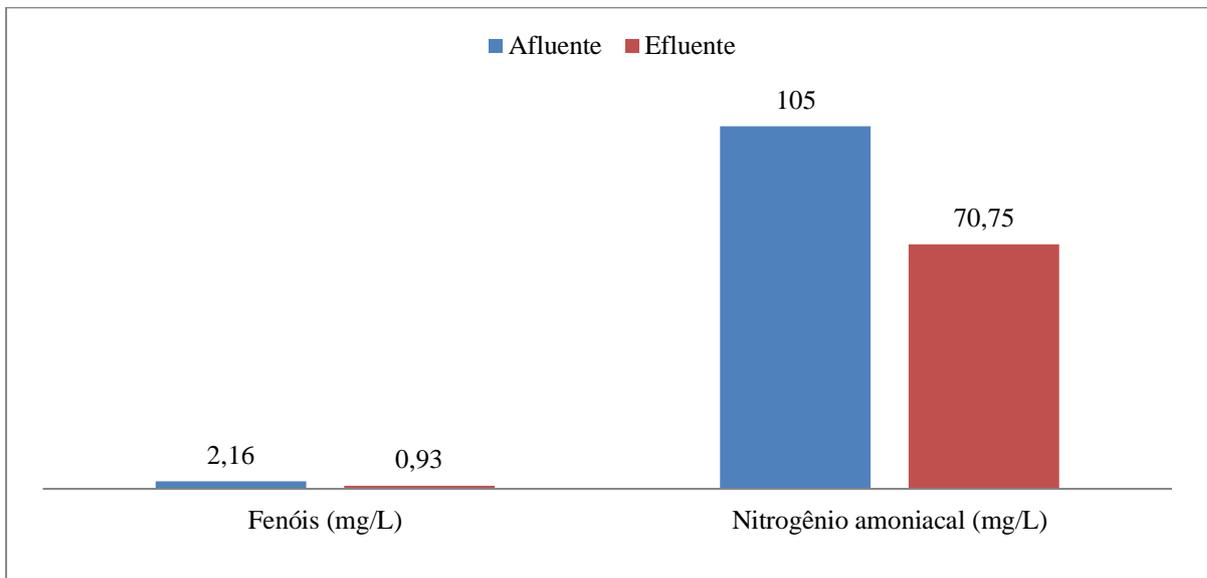
Os parâmetros de fenóis estão acima do estipulado pela legislação COPAM/CERH-MG n° 01/2008 que é de 0,5 mg/L. Nitrogênio amoniacal está dentro do parâmetro que é de 20 mg/L.

Figura 7: Parâmetros de DBO e DQO da entrada e saída do afluyente do setor de classificação de ovos após o tratamento na estação.



Fonte: Laboratório de análises de efluentes contratado pelo empreendimento (2019)

Figura 8: Parâmetros de Fenóis e Nitrogênio Amoniacal da entrada e saída do afluente do setor de classificação de ovos após o tratamento na estação.



Fonte: Laboratório de análises de efluentes contratado pelo empreendimento (2019)

Em relação ao afluente do setor de classificação de ovos é avaliado que em relação à matéria orgânica (DBO e DQO) o empreendimento consegue atender ao parâmetro da legislação COPAM/CERH-MG n° 01/2008, que deve ser realizada uma redução de 75% de DBO e 70% de DQO após o tratamento, mas se tratando de um curso d'água classe 2 ainda está sendo descartada muita matéria orgânica acabando por alterar o enquadramento do curso e indo em contrapartida do estipulado pela legislação CONAMA 357/2005.

Os parâmetros de fenóis e nitrogênio amoniacal estão acima do estipulado pela legislação COPAM/CERH-MG n° 01/2008 que são respectivamente 0,5 mg/L e 20 mg/L.

Os afluentes passam por um tratamento preliminar composto por gradeamento seguido de um desarenador para eliminar os sólidos grosseiros e areia, após esse processo ele fica armazenado em um tanque de equalização com a finalidade de manter a mesma vazão de saída para a etapa de flotação e através de um misturador garantir a homogeneidade do sistema onde são adicionados através da abertura de válvulas localizadas nos recipientes dos produtos, soda (para deixar o pH em uma melhor faixa para as reações no flotor acontecerem) e cloro (para fazer a desinfecção de organismos patogênicos). Após a etapa de equalização o efluente é bombeado para o flotor, onde é feito o tratamento primário, nesta etapa são removidos os sólidos em suspensão, dissolvidos e flutuantes. São adicionados o sulfato de alumínio (para diminuir o pH) e o polímero (para completar a reação de formação do lodo) na etapa de flotação, através da abertura de válvulas localizadas nos recipientes dos

produtos. O efluente sai pela parte inferior do flotador e segue até uma estrutura feita por chicanas para diminuir a velocidade de passagem do efluente, nesta etapa é adicionado o antiespuma. Após esse último processo, o efluente é levado de volta ao corpo hídrico a montante de onde foi captado.

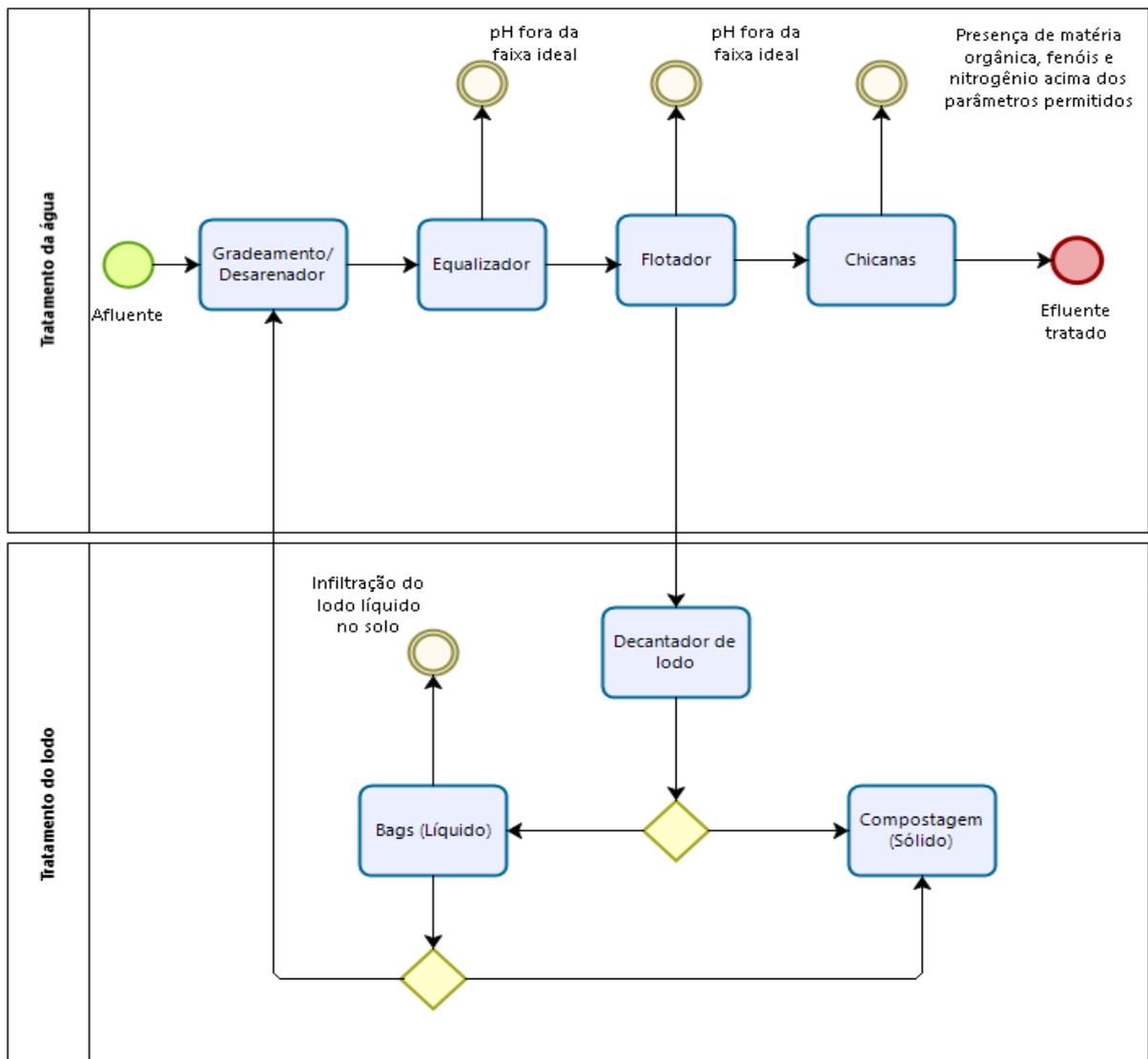
O lodo produzido no processo de flotação é bombeado para um decantador que faz a separação do lodo seco e lodo líquido. O lodo seco é levado para compostagem e o lodo líquido é bombeado para secagem em dois *bags*, onde o efluente líquido que escorre dos *bags* é levado ao início do processo na etapa de gradeamento e o lodo seco dentro dos *bags* é retirado e levado para compostagem.

Um fluxograma utilizando o *software* Bizagi Modeler da atual estação de tratamento de efluentes do empreendimento foi elaborado a partir do mapeamento utilizando os elementos de modelagem do BPMN.

No fluxograma foram utilizados:

- 1 evento de início mostrando a chegada do afluente na estação;
- 1 evento de fim representando a saída do efluente tratado;
- 7 tarefas que correspondem as etapas do tratamento do efluente e do lodo;
- 4 eventos intermediários indicando as falhas ou algo que pode atrapalhar o processo;
- 2 *getways* representando caminhos diferentes que o lodo pode seguir;
- Quinze fluxos de sequência apontando a ordem dos eventos.

Figura 9: Fluxograma do modelo atual da estação de tratamento de efluentes elaborado no *software* Bizagi Modeler.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

#### 4.2.2 identificação dos pontos críticos

Parâmetros de DBO, DQO estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela resolução COPAM/CERH-MG n° 01/2008, onde foram reduzidos em 75% e 70%, respectivamente, mas ficaram fora do permitido em relação ao enquadramento ao corpo hídrico classe 2 estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/2005. Índice de fenóis ficou fora dos parâmetros da resolução COPAM/CERH-MG n° 01/2008 em relação aos dois afluentes. Nitrogênio amoniacal ficou fora dos parâmetros da resolução COPAM/CERH-MG n° 01/2008 em relação ao afluente do setor de classificação de ovos.

O pH deve estar em uma faixa ideal tanto no equalizador quanto no flotador para as reações de formação de lodo e clarificação da água acontecerem.

Em relação ao lodo, quando ele fica armazenado nos *bags* ocorre a infiltração do efluente líquido no solo pela falta de uma geomembrana para proteger o local.

#### **4.2.3 Proposta do novo sistema de tratamento de efluentes**

O sistema de gradeamento, tanque de equalização e flotação continuarão os mesmos, mas em relação aos últimos dois, o sistema deverá ser automatizado com a instalação de sensores que medem o pH e, dependendo do valor medido, irão acionar bombas dosadoras para liberar os produtos químicos na concentração correta em cada uma dessas etapas, possibilitando uma eficiência muito maior no resultado do tratamento primário e secundário.

Para diminuir a matéria orgânica do efluente, o metano formado no processo anaeróbio, nitrogênio amoniacal, fenóis e levando em consideração a necessidade de ser feita uma estação compacta devido a área reduzida da estação de tratamento de efluentes, serão adicionados ao sistema as seguintes tecnologias: reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), incinerador de biogás, lodo ativado e filtro de carvão ativado.

Os reatores anaeróbios do tipo UASB, segundo Von Sperling (2005), constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgoto no Brasil, devido às várias vantagens desta tecnologia, que simplifica o fluxograma da estação, sendo algumas delas: Baixo custo de implantação e operação, reduzido consumo de energia, baixíssima produção de lodo, estabilização do lodo no próprio reator.

O esgoto entra no fundo do reator e se encontra com o leito de lodo, o que causa adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa, como resultado da atividade anaeróbia, são formados gases, os quais apresentam sentido ascendente onde são acumulados e coletados na parte superior do separador trifásico, podendo ser reaproveitado ou queimado (VON SPERLING, 2005).

Os reatores UASB desempenham o papel de digestão da parte sólida retida, resultando um lodo já bem estabilizado, requerendo, após o descarte do lodo em excesso, somente secagem. Portanto o UASB é ao mesmo tempo um decantador primário, um reator biológico, um decantador secundário e um digestor de lodo (PROSAB, 1999).

Tabela 4: Eficiência da remoção dos compostos pelo reator UASB.

<b>Parâmetro</b>	<b>Eficiência de remoção</b>
DBO	60 - 80
Nitrogênio	10 - 25
Fósforo	10 - 20
Coliformes	60 - 90

Fonte: Von Sperling (2005)

Quadro 4: Vantagens e desvantagens do uso do tratamento com reator UASB.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alto grau de estabilização do efluente;</li> <li>-Baixa produção de lodo;</li> <li>-Menor necessidade de nutrientes;</li> <li>-Baixo consumo de energia;</li> <li>-Tolerância a elevadas cargas orgânicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baixa remoção de nitrogênio e fósforo;</li> <li>- Necessidade de um pós tratamento;</li> <li>-Maior tempo de detenção hidráulico;</li> <li>-Geração de maus odores e corrosão;</li> <li>-Eficiência por volta de 65% na remoção de DBO.</li> </ul>

Fonte: Águas claras Engenharia (2017)

O sistema de lodo ativado é utilizado para o tratamento de efluentes sanitários e industriais principalmente quando o efluente possui alta carga poluidora e se deseja que haja uma elevada qualidade no efluente tratado (VON SPERLING, 1997). O princípio básico do processo de lodo ativado é a depuração da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos.

Basicamente o sistema é composto por um reator, um tanque de decantação e a retroalimentação do lodo ativado. No reator acontece a maior parte da degradação de matéria orgânica, realizada por uma flora microbiana diversificada. No decantador ocorre a sedimentação dos flocos, com conseqüente origem do lodo. Na retroalimentação, parte do lodo formado é retornado ao reator para melhorar a eficiência do processo, a que não será reutilizada vai para a etapa de tratamento e condicionamento de lodos. Esta última etapa é um dos maiores problemas a serem resolvidos, pois possui um custo alto (VON SPERLING, 2005).

Em sistemas aeróbios de tratamento biológico, o processo de nitrificação é realizado por microrganismos autótrofos quimiossintetizantes, para os quais o gás carbônico é a principal fonte de carbono e a energia é obtida através da oxidação de um substrato inorgânico, a amônia (VON SPERLING, 1997).

Quadro 5: Vantagens e desvantagens do uso do tratamento de lodo ativado.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eficiência na remoção de DBO em até 98%;</li> <li>-Nitrificação usualmente obtida;</li> <li>-Possibilidade de remoção biológica de Nitrogênio e fósforo;</li> <li>-Baixos requisitos de área;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baixa eficiência na remoção de coliformes;</li> <li>-Elevados custos de implantação e operação;</li> <li>-Elevado consumo de energia;</li> <li>-Necessidade de operação sofisticada;</li> <li>-Elevado índice de mecanização.</li> </ul>

Fonte: Adaptado Meio filtrante (2014)

Para remoção dos fenóis e polimento final do efluente deverá ser utilizado o filtro de carvão ativado.

A remoção de fenóis de soluções aquosas por adsorção com carvão ativado é uma técnica perfeitamente possível para diminuir a concentração destes contaminantes em águas (ZOGORSKI et al, 1976).

A aplicação de carvão ativado em tratamentos de água se dá pela sua grande versatilidade como adsorvente, pela estrutura essencialmente microporosa, elevada capacidade de adsorção e superfície de composição química variável. Com poder adsorvente demonstrado em vários estudos, partem diversas aplicações do carvão devido às suas habilidades em adsorver uma vasta variedade de poluentes, incluindo compostos aromáticos, hidrocarbonetos, detergentes, corantes solúveis, solventes clorados, fenóis e derivados hidroxílicos. Dentre as propriedades de adsorção do carvão ativado, a adsorção de fenol tem aplicação em tratamentos de águas de consumo, já que propicia uma redução na concentração original de 10 mg/l para 1 mg/l de fenol (REINOSO, 1997).

Quadro 6: Vantagens e desvantagens do filtro de carvão ativado.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Remove compostos orgânicos voláteis;</li> <li>-Remove compostos fenólicos;</li> <li>-Remove odor;</li> <li>-Remove cor;</li> <li>-Remove matéria orgânica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manutenção do filtro</li> <li>-A vazão de retrolavagem deve ser cerca de 30% maior que a de filtração;</li> <li>-Eficiência dos tratamentos anteriores deve ser alta para não ocorrer a obstrução dos poros.</li> </ul>

Fonte: Pensamento verde (2013)

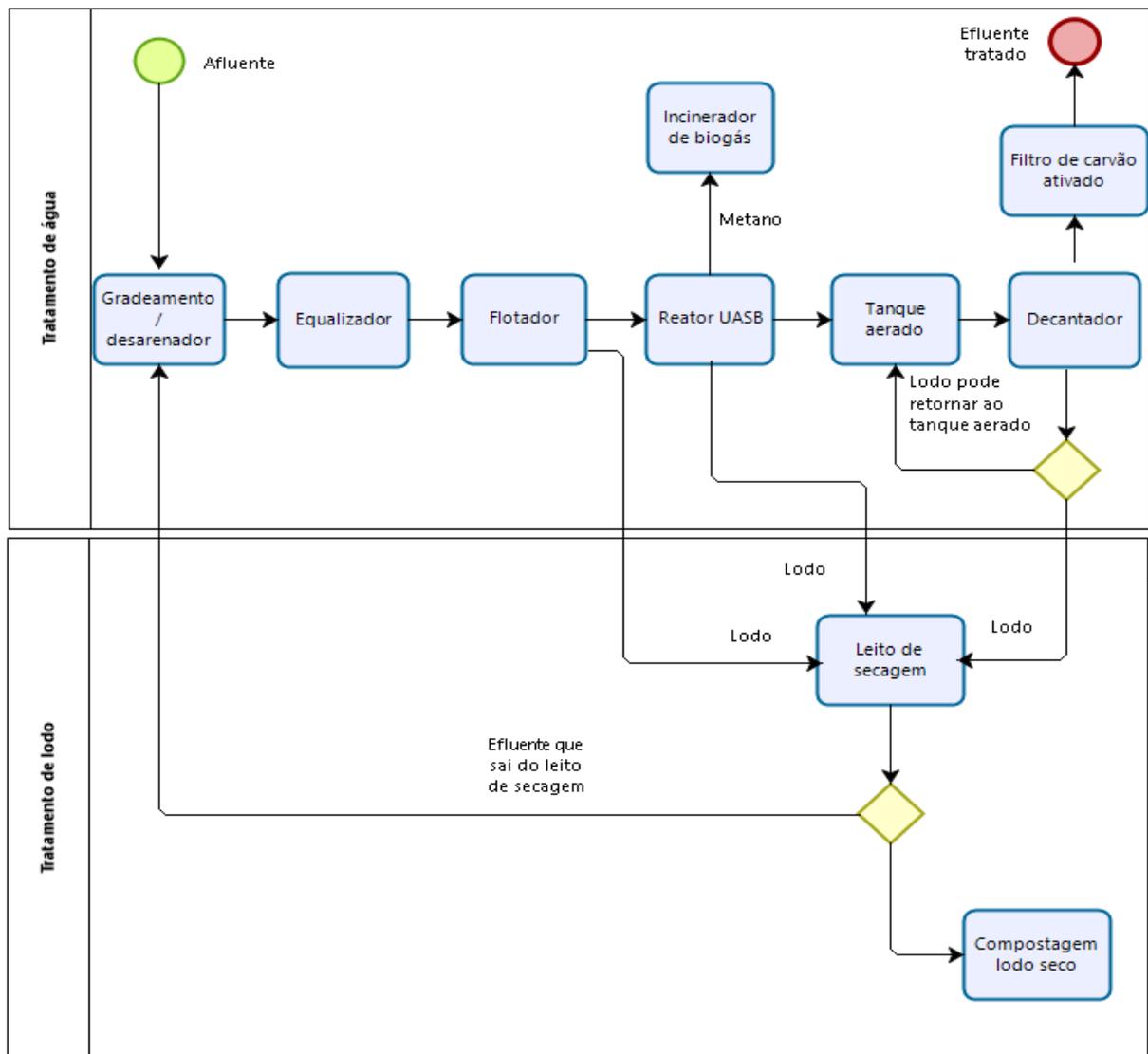
Todos os lodos formados no sistema na etapa de flotação, tratamento anaeróbio por reator UASB e tratamento aeróbio serão enviados para um leito de secagem onde o efluente líquido que sai do leito voltará para o início do tratamento na fase de gradeamento e o lodo seco será enviado para compostagem.

Outro fluxograma do novo sistema proposto para a estação de tratamento de efluentes do empreendimento utilizando o *software* Bizagi Modeler, foi elaborado aplicando os elementos de modelagem do BPMN.

No fluxograma foram utilizados:

- 1 evento de início indicando a chegada do afluente na estação;
- 1 evento de fim representando a saída do efluente tratado da estação;
- Dez tarefas que representam as etapas do tratamento do efluente, lodo e gás metano;
- 2 *gateways* representando caminhos diferentes que o lodo pode seguir;
- Dezessete fluxos de sequência que representam a ordem dos eventos.

Figura 10: Fluxograma do novo modelo da estação de tratamento de efluentes elaborado no *software Bizagi Modeler*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

### 4.3 Execução dos processos

Os operadores da estação de tratamento são os funcionários da organização responsáveis por gerir os processos do tratamento de efluentes. Com o projeto da nova estação totalmente automatizada em vigência, será necessária a transferência de conhecimento de profissionais especializados sobre a nova estação de tratamento, ministrando capacitações a estes funcionários explicando seu funcionamento e o papel fundamental no tratamento do efluente que o colaborador tem, visto que é uma atividade sem interrupção onde os funcionários responsáveis pelo turno da noite devem exercer seu papel corretamente.

#### **4.4 Controle e análise dos dados**

O controle e análise de dados é a última etapa do BPM, onde indicadores mostrarão o resultado do processo da nova estação de tratamento. Os indicadores poderão ser os laudos das análises do efluente tratado realizadas pelo laboratório contratado pelo empreendimento, a partir desses laudos se obtém o grau de eficiência da nova estação de tratamento de efluentes. Deste modo, se os laudos estiverem de acordo com a legislação, a estação e o BPM estarão sendo corretamente executados, mas se os laudos não se apresentarem dentro dos parâmetros da legislação será reiniciado o ciclo do BPM, com a finalidade de encontrar a falha do sistema.

### **5 DISCUSSÃO**

#### **5.1 Propostas do BPM em outros projetos**

Barbosa (2016) modelou processos em arquitetura e engenharia para realização de projetos e obras públicas através do BPM. Foi utilizando o ciclo planejamento, modelagem, execução e análise, onde foi possível identificar e dividir em categorias as atividades de um setor responsável por projetos e obras de Arquitetura e Engenharia de uma instituição pública. Foram identificadas disfunções do processo como a falta de padronização de procedimentos, deficiência no controle de qualidade de projetos, constante alteração de escopo durante a obra, obras contratadas e realizadas fora de padrões mínimos aceitáveis, fiscalização ineficiente e ineficaz. Após a identificação das falhas do processo ocorreu a validação de um novo sistema. Os resultados obtidos permitiram concluir a viabilidade de modelar um sistema usando o BPM para buscar melhorias em ambientes organizacionais públicos no que diz respeito a questões relacionadas a projetos e obras de Arquitetura e Engenharia.

Donatti (2017) elaborou uma pesquisa sobre aplicação de um modelo de gerenciamento de processos de negócio sobre o setor de compras de uma empresa de embalagens aplicando o ciclo do BPM (planejamento, modelagem, execução e análise), encontrando falhas no processo como a não garantia que as compras fossem feitas com os preços combinados pela inexistência de uma tabela de preços e a não obrigatoriedade da ordem de compras, quando eram geradas havia falta de controle sobre essas ordens de compra. A partir da modelagem do sistema foi possível estipular novas regras de negócio tornando obrigatório deixar cadastrado no sistema a ordem de compra e também elaborar uma tabela de preços para garantir que o negócio fosse feito com o preço combinado.

Com base nessas duas pesquisas foi comprovado que o ciclo do BPM proposto por Baldam et al., (2009) e utilizado nesta pesquisa, é capaz de otimizar a gestão de uma organização, eliminar falhas, cortar custos, alinhar os processos e diminuir retrabalho, tornando o processo da organização simples direto e funcional.

## 5.2 Alternativas escolhidas para o tratamento

Pelos parâmetros da saída do efluente fornecida pelo laboratório pode-se comprovar que a estação de tratamento de efluentes consegue ter uma boa eficiência na remoção de matéria orgânica, mas não consegue atingir um grau de remoção para que não afete o padrão de qualidade do corpo hídrico. Com o tratamento anaeróbico no reator UASB irá ocorrer a degradação de grande parte da matéria orgânica que é prontamente biodegradável além de propiciar uma economia na aeração do sistema de lodo ativado, pois com mais matéria orgânica no lodo ativado haveria a necessidade de fornecer mais ar as bactérias para ocorrer a degradação. A matéria orgânica que não for degradada no reator UASB seguirá para o tratamento aeróbico de lodo ativado, que irá proporcionar um processo mais eficiente de degradação da matéria orgânica por bactérias aeróbias, além de remover o nitrogênio amoniacal do sistema através de processos de desnitrificação e nitrificação. Após o tratamento de lodo ativado o efluente irá passar por um filtro de carvão ativado para o polimento final, que irá retirar os fenóis. Esse sistema foi escolhido pela necessidade de se fazer uma nova estação compacta, devido a pouca área disponível para construção de lagoas aeróbias e anaeróbias.

O metano formado no reator UASB pelas bactérias anaeróbias será queimado por um incinerador de biogás, transformando o metano em gás carbônico, que por sua vez é um gás menos poluente.

O processo de secagem do lodo foi utilizado por se tratar de um tratamento mais simples e eficiente, onde será feita uma espécie de caixa de concreto no local (o qual hoje estão os *bags*), impermeabilizando o solo e deixando o lodo secar ao ar livre até que fique pronto para ser levado a compostagem.

Algumas pesquisas comprovam a eficiência e evidenciam a razão pela qual propomos os tratamentos utilizando reatores UASB, lodo ativado e filtro de carvão ativado.

Campos et al., (2005) avaliou a eficiência na remoção de poluentes orgânicos e a produção de biogás de um sistema de tratamento de efluentes de dejetos de suínos em escala

laboratorial através de um reator Anaeróbio (UASB), foi possível identificar que a média de DQO afluente no reator foi de 1.755 mg/L e do efluente na saída foi de 359 mg/L, sendo evidenciada uma média de remoção de 78% . A média de DBO<sub>5</sub> do afluente foi de 868 mg/L e do efluente na saída foi de 168 mg/L, evidenciando uma eficiência de remoção de 75%.

Rodrigues et al., (2010) avaliou um sistema de tratamento de águas residuárias de suinocultura constituído de decantador e seguido de reator anaeróbio de manta de lodo (reator UASB). Os resultados médios de remoção total de DQO e de DBO foram de 87% e 88%, respectivamente. As concentrações médias de DBO, DQO no afluente foram 6.400 mg/L e 14.800 mg/L e as concentrações de DBO, DQO no efluente final foram de 800 mg/L e 1.800 mg/L.

Fujii (2011) avaliou a eficiência de um sistema de lodo ativado na remoção de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal de um efluente de esgoto doméstico, entrava no sistema com 236 mg/L de DBO, 495 mg/L de DQO e 65 mg/L de nitrogênio amoniacal. O efluente saiu do sistema de lodo ativado com 44 mg/L de DBO, 83 mg/L de DQO e 6 mg/L de nitrogênio amoniacal. As eficiências de remoção foram 82% de DBO, 92% de DQO e 93% de nitrogênio amoniacal.

Reis (2017) analisou a estação de tratamento de efluentes industriais de uma indústria alimentícia, o afluente era composto por 3.000 mg/L de DQO, 1.000 mg/L de DBO e saía do sistema de lodo ativado com 1.150 mg/L de DQO e 550 mg/L de DBO. Sendo constatado que o sistema de lodo ativado foi ineficaz para tratar o efluente, sua eficiência em remoção de DBO e DQO foram de DBO foram 62% e 42%, respectivamente, ficando abaixo do estipulado pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 que estipula DBO 60 mg/L ou diminuição de 75% após o tratamento e DQO até 180 mg/L ou diminuição em 70% após o tratamento. Essa ineficiência do tratamento se explica pela falta de tratamentos anteriores a este como tanque de equalização, para equilibrar o pH e deixa-lo numa faixa ótima para as bactérias decomporem a matéria orgânica.

Simonatto (2017) evidenciou em sua pesquisa a alta capacidade de adsorção de fenóis por carvão ativado em um efluente sintético, através de experimentos cinéticos realizados em batelada, num período de 10 horas, com concentrações iniciais de fenol de 50, 100 e 150 mg/L , à temperatura ambiente de 25°C, o resultado mostrou uma diminuição de 50 mg/L para 0 mg/L em 125 min, 100 mg/L para 0 mg/L em 175 min , 150 mg/L para 3 mg/L em 230 min.

## 6 CONCLUSÃO

O método de gestão de processos BPM através de seu ciclo (planejamento, modelagem, execução e análise) apontou as principais falhas da organização que impossibilitavam o tratamento adequado do efluente e propôs um novo modelo que se mostra eficiente.

Com a otimização da estação de tratamento de efluentes o corpo hídrico irá deixar de receber compostos acima do determinado por lei, como: nitrogênio amoniacal, fenóis e matéria orgânica. Isso irá proporcionar uma melhoria da qualidade de vida da população que vive das atividades desse corpo hídrico e o atendimento da condicionante ambiental de lançamento de efluentes.

O BPM forneceu uma padronização na mudança do processo, gerando um caminho a ser seguido até que essa melhoria fosse realizada. Os benefícios da aplicação do BPM neste caso não ficaram restringidos apenas em um efluente dentro dos parâmetros e da melhor qualidade de vida da sociedade ao redor do empreendimento, pois indiretamente será implantada uma política ambiental na organização e isso poderá gerar não apenas um efluente de melhor qualidade, mas uma organização que tem o foco na sustentabilidade, sendo mais atrativa para futuros clientes.

A reduzida área onde está construída a atual estação de tratamento de efluentes do empreendimento foi uma limitação encontrada na pesquisa, pois diminuiu as opções de tecnologias de tratamento de efluentes, sendo excluídas as tecnologias que demandavam uma área maior para sua construção.

Pode-se observar que a metodologia BPM é utilizada em sua maioria para otimizar processos de gestão de negócios, porém através desta pesquisa foi possível constatar que a metodologia do BPM pode ser aplicada para projetos voltados a otimização de processos relativos à gestão ambiental em organizações e abre a oportunidade para outros pesquisadores utilizarem o BPM em vários tipos de segmentos, não só aplicando o BPM na gestão de processos de negócios.

Futuramente pode ser realizada uma pesquisa que faça o dimensionamento das estruturas das estações de tratamento de efluentes, propondo um orçamento para a implantação do novo sistema de tratamento de efluentes.

## 7 REFERÊNCIAS

AALST, W; HOFSTEDE, A; WESKE, M. **Business Process Management: A survey**. IN: International conference on Business Process Management (BPM 2003), Lecture notes in computer science, Springer-Verlag, Berlin, v. 2678, p. 1-12, 2003.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Reator UASB: saiba o que é e como funciona**. 2017. Disponível em < <http://aguasclarasengenharia.com.br/como-funciona-reator-uasb/>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

ARCGIS:SOFTWARE. <https://www.img.com.br/pt-br>. Consulta em: 25 de maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9800: critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1987. 6p.

BALDAM, R. et al. **Gerenciamento de processos de negócios: BPM – Business Process Management**. 2ª Ed. São Paulo: Érica, 2009.

BALDAM, R. L.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de Processos de Negócio - BPM: uma referência para implantação prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

BARBOSA, M. **Modelagem de processos em arquitetura e engenharia para realização de projetos e obras públicas**. 2016. 178 p. Dissertação (mestrado em gestão pública)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2016.

BARROS, R. T. de V. et al. **Saneamento. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BUSINESS PROCESS MANAGEMENT INITIATIVE. **Business Process Modeling Notation (BPMN)**. Disponível em: <bpmi.org>. Acesso em: 13 Maio. 2019.

CAMMAROTA, Magali C. **Tratamento de Efluentes Líquidos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola de Química. Disponível em: Acesso em 3 de Maio, 2019.

CAMPOS, C. M. M. et al. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência do tratamento do reator anaeróbio de manda de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 848-856, jul./ago., 2005.

CERQUEIRA, P.; ALVES, R. P. Regulação de mercados por licenciamento. **Economia Global e Gestão**, v.15, n.3, p.109-134, 2010.

CHINOSI, M.; TROMBETTA, A. BPMN: an introduction to the standard. **Computer Standards & Interfaces**, v. 34, p. 124-134, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1997.

COSTA, Ana Paula Javaroti da; SILVA, André Luis da; MARTINS, Reinaldo dos Santos. **Um estudo sobre estações de tratamento de efluentes industriais e sanitários da empresa Dori Alimentos LTDA**. Regrad, Marília-SP, v.1, ano 2, 2009

COSTA, N.; MARTINS, R. A; PEGADO, E. A. C. Análise técnica de estudos ambientais da atividade petrolífera onshore no rio grande do norte. **Holos**, v.4, n.25, 2009.

CRUZ, Tadeu BPM&BPMS **BUSINESS PROCESS MANAGEMENT & BUSINESS MANAGEMENT Systems**. Rio de Janeiro 2008 2ª edição.

DONATTI, A. E. **Modelagem de processos da área de compras com base em BPM**. 2017. 56 p. Trabalho de conclusão de curso-Universidade de Caxias do Sul. Bento Gonçalves, 2017.

FUJII, F. Y. **Análise comparativa entre o processo de lodo ativado e o reator de biofilme de leito móvel na remoção de nitrogênio de esgoto sanitário**. 2011. 109 p. Dissertação (mestrado em engenharia)-Escola politécnica da universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

GOOGLE EARTH-MAPAS. <http://Mapas.google.com>. Consulta em: 22 mai. 2019.

LEME, Edson José A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. 595 p. São Carlos: Ed UFscar, 2008.

MARTÍNEZ, J. S.; ESPADA, J. P.; BUSTELO, B. C. P.; LOVELLE, J. M. C. BPMN MUSIM: approach to improve the domain expert's efficiency in business processes modeling for the generation of specific software applications. **Expert Systems with Applications**, v. 41, p.1864-1874, 2014.

MINAS GERAIS. Decreto nº 46.953, de 23 de fevereiro de 2016. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 07 set. 2016c.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Executivo Minas Gerais**, 13 maio, 2008

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 217, de 6 de dezembro de 2017. Diário executivo de Minas Gerais de 08. Dez. 2017. **Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo**. Belo Horizonte, Minas Gerais.

PENSAMENTO VERDE. **Aplicação do carvão ativado no tratamento de água**. 2013. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/aplicacao-carvao-ativado-tratamento-agua/>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab>.

REINOSO, F.R. & SABIO, M.M. Textural and Chemical characterization of microporous carbons. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 76-77, p. 271-294 (1998).

REIS, A. C. V. **Análise de um sistema de lodos ativados tratando efluente de indústria alimentícia: Tratabilidade e microfauna**. 2017. 48 p. Trabalho final de curso-Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2017.

REVISTA MEIO FILTRANTE. **Remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, no tratamento de esgotos**. 2014. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=16480&link=noticias>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

RODRIGUES, S. L. et al. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n.1, p.94–100, 2010.

SIMONATTO, A. **Remoção de fenol em efluente sintético através de adsorção com carvão ativado**. 2017. 40 p. Trabalho de conclusão de curso-Universidade Federal da Fronteira do Sul. Erechim, 2017.

SMITH, H; FINGAR, P. **Business Process management: The third wave**. Flórida: Meghan-Kiffer Press, 2002.

SUPRAM, Superintendência Regional de Meio Ambiente. **Licenciamento ambiental Mantiqueira alimentos Ltda**. Minas Gerais, 2010.

TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA, CLIMA ITANHANDU. **Clima-date**. 2018. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/itanhandu-25003/>>. Acesso em: 20 Mai. 2019.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Vol. 1 – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª Edição. Editora UFMG - Belo Horizonte, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativados**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora: UFMG, 1997. 428p.

ZOGORSKI, J.S., FAUST, S.D., HASS, J.H.Jr. The kinetics adsorption of phenols by granular activated carbon. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 55, n. 2, p. 329-341 (1976).