



Jennifer Karen Alves Caldeira

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA
INDÚSTRIA MECÂNICA: ASPECTOS ECONÔMICOS E
AMBIENTAIS**

Florianópolis
2016

Jennifer Karen Alves Caldeira

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA
INDÚSTRIA MECÂNICA: ASPECTOS ECONÔMICOS E
AMBIENTAIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental com Ênfase em Gestão Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre Profissional em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Caldeira, Jennifer Karen Alves

Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais / Jennifer Karen Alves Caldeira ; orientador, Ramon Lucas Dalsasso – Florianópolis, SC, 2016.

131 p.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Aproveitamento de água de chuva. 3. Viabilidade econômica. 4. Aspectos ambientais. 5. Indústria mecânica. I. Dalsasso, Ramon Lucas. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.



**“Aproveitamento de Água de Chuva em uma Indústria Mecânica: Aspectos
Econômicos e Ambientais”**

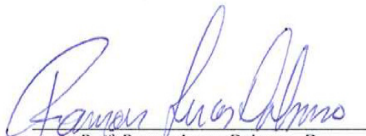
JENNIFER KAREN ALVES CALDEIRA

Dissertação submetida ao corpo docente do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de


MESTRE PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Gestão Ambiental na Indústria.

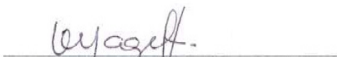
Aprovado por:



Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.
(Orientador)



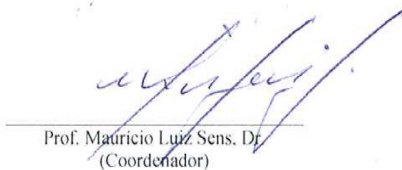
Prof. Mauricio Luiz Sens, Dr.



Prof.ª Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr.ª



Prof.ª Cláudia Lavina Martins, Dr.ª



Prof. Mauricio Luiz Sens, Dr.
(Coordenador)

A Deus, por Seu amor incondicional.
Ao meu pai, Helvio Caldeira (em
memória), por ser meu grande
exemplo. À minha mãe, Aparecida
Caldeira, pelo apoio, incentivo e por
sempre acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Autor da vida, Dono de toda ciência, sabedoria e poder, por me proporcionar a oportunidade de ingressar neste mestrado e me dar condições de concluí-lo. A Ele toda honra e glória!

Aos meus amados pais Helvio Caldeira (em memória) e Aparecida Caldeira, por todos os ensinamentos, pelos princípios que me foram passados, pelo cuidado desde o meu nascimento. Vocês sempre serão meu maior exemplo! Agradeço a dedicação, as preocupações, orações e apoio incondicional. Meu porto seguro!

À minha avó Maria do Amaral (em memória), pelas orações para que eu pudesse concluir esta etapa. Agradeço por todo amor e carinho.

Aos meus irmãos Richarles Caldeira, Helvio Caldeira Júnior e Evanir Costa, por sempre estarem do meu lado nos momentos mais difíceis com palavras de ânimo e encorajamento. Obrigada pela ajuda, vocês foram essenciais nesta conquista.

Ao meu namorado Iago Moura, pelo amor, amizade e apoio. Obrigada por estar ao meu lado ao longo desta caminhada.

Ao Prof. Ramon Dalsasso, pela compreensão, constantes orientações e sugestões durante todo o trabalho.

Aos Professores Cláudia Lavina Martins, Maria Eliza Nagel Hassemer e Maurício Luiz Sens, por participarem da banca examinadora, dispondo tempo e conhecimento para analisar este trabalho.

A EMH – Eletromecânica e Hidráulica Ltda, especialmente aos senhores Nilo Correa e Marco Antônio Celani, pelo apoio e incentivo para a realização deste curso. Aos amigos de trabalho que torceram por mim.

Aos meus familiares e amigos, agradeço o carinho, zelo e amizade.

A todos que, de alguma forma, participaram e contribuíram para a realização deste curso, muito obrigada!

Que o meu ensino caia como chuva e as minhas
palavras desçam como orvalho, como chuva
branda sobre o pasto novo, como a garoa sobre
tenras plantas.

(Deuteronômio 32:2)

RESUMO

De acordo com o relatório divulgado pela ONU (2015), o planeta enfrentará um déficit de água de 40% até 2030, o que reacende os debates sobre a gestão deste recurso. O aproveitamento da água de chuva é uma alternativa utilizada por vários países para suprir demandas de água cujo uso é menos nobre. O objetivo deste estudo foi avaliar, sob as óticas econômica e ambiental, o aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em uma indústria mecânica localizada no município de Belo Horizonte / MG. Foram caracterizadas as instalações físicas da indústria, identificadas às demandas de água não potável para os processos e os requisitos de qualidade da mesma. O uso pretendido com a coleta da água de chuva foi para fins sanitários, irrigação dos jardins e limpeza do piso da fábrica. A simulação para dimensionamento do reservatório e a análise de viabilidade do sistema foi realizada através do *software* Netuno, um programa computacional utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. A análise de viabilidade econômica realizada através do Netuno foi baseada no cálculo no valor presente líquido (VPL), tempo de retorno dos investimentos e taxa interna de retorno (TIR) para um período de 10 anos de vida útil do projeto. A estrutura física da indústria favorece a implantação do sistema por se tratar de um galpão com 2.536,52 m² e ter espaço suficiente para alocação de reservatórios de armazenamento. O percentual de utilização de água potável que pode ser substituída por água pluvial foi de 58,46 %. O reservatório inferior indicado após a realização das simulações foi de 10.000 litros e o percentual de economia obtido foi de 28,98%. O resultado econômico foi favorável à implantação do sistema, pois a TIR obtida foi maior que a taxa média de atratividade (TMA) definida na análise, o tempo de retorno do investimento foi inferior ao tempo de vida útil do projeto e o VPL significativo, tornando atrativa a realização deste investimento. Sob a ótica ambiental, com a implantação deste sistema haverá uma redução das emissões de CO₂, no período de 10 anos, de 0,289 tCO₂. Os benefícios obtidos para o Sistema de Gestão Ambiental da indústria serão: a certificação em sustentabilidade ambiental de empreendimentos de Belo Horizonte, com a possível obtenção do selo Ouro, o fortalecimento do Marketing Verde e o atendimento à Política de Gestão Integrada definida pela indústria.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água de Chuva. Viabilidade econômica. Aspectos ambientais. Indústria Mecânica.

ABSTRACT

According to the report released by UN (2015), the planet will face a water deficit of 40% till 2030, and it reignites the debates about the management of this resource. The utilization of the rain water is an alternative utilized by many countries to supply water demands which its usage is less noble. The objective of this study is to evaluate, economically and environmentally, the use of rain water in undrinkable utilization in a mechanical industry which is located in Belo Horizonte / MG. The industry physical installations were characterized and the demands of undrinkable water in the process and requirements quality were identified. The intention was to use the rain water stored in sanitary uses, garden irrigation and in the cleaning of the plant floor. The simulation for storage tank dimension and the viability analysis of the system was made in Netuno software. The analysis of the economic viability made in Netuno was based in the calculation of the net present value, the time of the investment return and the internal return rate (IRR) for a period of 10 years of the project's lifespan. The industry's physical structure favors the implementation of the system once it is a 2.536,52 m² warehouse and it has enough area to allocate the storage tanks. The percentage of potable water utilization that can be substituted for rain water is 58,46 %. The lower tank indicated after the simulations was 10.000 liters and the percentage of economy was 28,98%. The economic result was favorable to the implementation of the system, considering that the IRR achieved was higher than the attractiveness average rate that was defined in the analysis, the time of the return rate was lower than the project's lifespan and the net present value was significant, making the implementation of this investment attractive. From the environmental perspective, the implementation of this system will reduce CO₂ emissions in 0,289 tCO₂ in a period of ten years. The benefits for the Environment Management System of the industry were surveyed, they will be: the certification in enterprises environmental sustainability of Belo Horizonte, with a possible acquisition of the Gold Seal, the strengthening of the Green Marketing and the compliance to the integrated management system defined by the industry.

Keywords: Utilization of rain water. Economic viability. Environmental benefits. Mechanical Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos mais comuns de calhas	38
Figura 2 - Filtro Vortex.....	39
Figura 3 - Filtro Industrial VF12	39
Figura 4 - Filtro Coletor AC 500	40
Figura 5 - Separador de Folhas Fortlev.....	41
Figura 6 - Tonel para descarte da primeira água.....	42
Figura 7 – Reservatório de auto-limpeza com torneira bóia	42
Figura 8 - Dispositivo automático com esfera flutuante	43
Figura 9 – Dispositivo SAFERAIN	43
Figura 10 - Determinação do percentual de atendimento da demanda de água pluvial	45
Figura 11 - Modelo de um sistema de gestão da qualidade.....	48
Figura 12 - Modelo de um sistema de gestão ambiental	49
Figura 13 – Composição de um Sistema de Abastecimento de água com todas as unidades.....	53
Figura 14 – Composição média das despesas de exploração em 2013	54
Figura 15 - Consumo final de energia por fonte	56
Figura 16 - Participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira	57
Figura 17 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	58
Figura 18 - Consumo de energia por fonte no Setor Industrial	59
Figura 19 - Emissões de GEE provenientes da Geração Elétrica no Brasil – MtCO ₂ e.....	60
Figura 20 - Croqui de localização da empresa.....	63
Figura 21 - Planta de Localização.....	64
Figura 22 – Área de captação da água de chuva	65
Figura 23 – Vista aérea da área de cobertura da EMH.....	66
Figura 24 – Lavadora de pisos	68
Figura 25 - Planta do galpão da indústria EMH com a concepção do sistema...71	
Figura 26 - Detalhamento do sistema de aproveitamento de água de chuva.....72	
Figura 27 - Sistema de alimentação dos reservatórios de água potável e pluvial	73
Figura 28 - Chuva Acumulada Mensal 2014 X Chuva (Normal Climatológica 61-90)	78
Figura 29 – Dados de entrada no programa Netuno	81
Figura 30 - Dados para simulação do reservatório superior.....	82
Figura 31 - Dados para simulação do reservatório inferior.....	83
Figura 32 – Potencial de utilização de água pluvial.....	83
Figura 33 – Tanque Fortplus 10m ³	88
Figura 34 - Caixa d'água de Polietileno.....	89
Figura 35 - Tanque Fortplus 5m ³ para descarte da primeira água.....	90
Figura 36 - Motobomba para recalque da água.....	91
Figura 37 – Separador de materiais grosseiros	91
Figura 38 - Válvula solenoide e bóia de nível.....	92

Figura 39 – Dosador de cloro	92
Figura 40 - Fluxo de Caixa do projeto.....	96
Figura 41 - Resultado da Análise Econômica.....	97
Figura 42 - Evolução do Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh) 2006-2014	98
Figura 43 - Projeção do consumo total de eletricidade (incluindo a autoprodução).....	99
Figura 44 - Empresa antes da implantação do SGI.....	102
Figura 45 - Indústria após a implantação do SGI	103
Figura 46 - Consumo de água em m ³ nos anos de 2012, 2013 e 2014.....	104
Figura 47 - Selos Ouro, Prata ou Bronze	105
Figura 48 - Fluxograma das principais etapas do Programa de Certificação ...	106
Figura 49 – Política de Gestão Integrada da EMH	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais de captação	37
Tabela 2 - Frequência de manutenção	44
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	46
Tabela 4 - Métodos de avaliação de investimentos.....	50
Tabela 5 – Participação da despesa com energia elétrica nos custos de exploração das Prestadoras de Serviço Regional	55
Tabela 6 - Média anual dos fatores de emissão do SIN	61
Tabela 7 - Demanda diária de água para fins sanitários (m ³).....	67
Tabela 8 - Tarifas de água e esgoto da Classe Industrial	74
Tabela 9 - Taxas de depreciação dos bens	75
Tabela 10 – Índices do IPCA de 2010 a 2014.....	76
Tabela 11 - Cálculo do consumo diário de água nos anos 2013 e 2014.....	77
Tabela 12 - Demanda diária de água (m ³) para uso sanitário.....	79
Tabela 13 - Demanda diária de água (m ³) para irrigação dos jardins.....	79
Tabela 14 - Potencial de utilização de água pluvial para reservatórios com volumes entre 0 e 50.000 litros.....	85
Tabela 15: Resultado mensal da simulação para reservatório de 10m ³	87
Tabela 16 - Custos iniciais para montagem do sistema.....	93
Tabela 17: Economia financeira proporcionada pelo aproveitamento de água pluvial.....	95
Tabela 18 – Cálculo da emissão de CO ₂	100
Tabela 19 – Evolução das questões ambientais.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
BEN	Balanco Energético Nacional
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CMMCE	Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CRL	Cloro Residual Livre
CSV	Valores Separados por Vírgulas
DEX	Despesas de exploração
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
ISO	Organização Internacional para Padronização
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NBR	Norma Brasileira
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PCRA	Programa de Conservação e Reuso de Água
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGI	Sistema de Gestão Integrado
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SIN	Sistema Interligado Nacional
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIR	Taxa Interna de Retorno

TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 OBJETIVOS	27
2.1 OBJETIVO GERAL	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
3 REFERENCIAL TEÓRICO	29
3.1 A ÁGUA NA INDÚSTRIA	29
3.2 LEGISLAÇÃO	30
3.3 SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	36
3.3.1 Sistema de coleta.....	36
3.3.1.1 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial.....	37
3.3.2 Sistema de transporte.....	37
3.3.2.1 Separadores de materiais grosseiros	38
3.3.2.2 Descarte da primeira água	41
3.3.4 Qualidade da água.....	46
3.4 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE E AMBIENTAL.....	47
3.5 ANÁLISE DE CUSTOS	50
3.6 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: DESPESAS DE EXPLORAÇÃO.....	52
3.6.1 - Despesas de Exploração (DEX).....	53
3.6.1.1 Despesa de Energia Elétrica	54
3.7 GERAÇÃO DE ENERGIA.....	56
3.7.1 Matriz Energética Brasileira	56
3.7.1.1 Matriz Elétrica Brasileira	58
3.7.1.2 Fator de Emissão de Carbono.....	59
4 METODOLOGIA	63
4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	63
4.2 ÁREA DE COLETA	64
4.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.....	66
4.4 DEMANDAS DE ÁGUA PLUVIAL	66
4.4.1 Cálculo da demanda diária de água para fins sanitários (m³) 66	
4.4.2 Cálculo da demanda diária de água para irrigação dos jardins (m³)	67
4.4.3 Cálculo da demanda diária de água para limpeza dos pisos (m³)	67
4.5 PLUVIOMETRIA.....	68
4.6 COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	69
4.7 RESERVATÓRIO SUPERIOR	69

4.8	RESERVATÓRIO INFERIOR.....	69
4.9	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	70
4.10	ANÁLISE ECONÔMICA	73
4.10.1	Tarifas de água e esgoto para consumidores industriais	74
4.10.2	Período de análise dos investimentos.....	75
4.10.3	Taxa mínima de atratividade (TMA)	75
4.10.4	Tratamento da água pluvial	76
4.11	LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA QUANTO AO SEU SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	76
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
5.1	ÁREA DE CAPTAÇÃO	77
5.2	CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.....	77
5.3	PLUVIOMETRIA.....	78
5.4	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	79
5.5	PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	79
5.5.1	Demanda diária de água para fins sanitários (m³).....	79
5.5.2	Demanda diária de água para irrigação dos jardins (m³)	79
5.5.3	Demanda diária de água para limpeza dos pisos (m³)	79
5.6	DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA NETUNO	80
5.7	RESERVATÓRIO SUPERIOR.....	81
5.8	RESERVATÓRIO INFERIOR.....	82
5.9	RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PROGRAMA NETUNO...	83
5.10	VIABILIDADE DO SISTEMA.....	88
5.10.1	Aspectos Econômicos	88
5.10.1.1	Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva	88
5.10.1.2	Investimentos na montagem do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	93
5.10.1.3	Análise econômica no Netuno	93
5.10.2	Aspectos Ambientais.....	97
5.10.2.1	Aspectos ambientais relacionados à substituição de água potável por água pluvial.....	99
5.11	SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL	101
5.11.1	Gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais	103
5.11.1.1	Aspecto Ambiental: Consumo de água.....	103
5.12	BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RELAÇÃO À IMAGEM DA INDÚSTRIA QUANTO AO SEU SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	104

5.12.1 Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos de Belo Horizonte	104
5.12.2 Marketing Verde	106
5.12.3 Política de Gestão Integrada	108
6 CONCLUSÕES	111
7 RECOMENDAÇÕES	113
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICE A – CUSTOS E ECONOMIAS MENSAIS	125
ANEXO A – TABELA DE SELEÇÃO DA MOTOBOMBA	129
ANEXO B - RESOLUÇÃO ARSAE-MG 64/2015, DE 10 DE ABRIL DE 2015.	131

1 INTRODUÇÃO

A dificuldade de preservação da água pelo homem sempre fez parte da sua relação com tal elemento. Desde o início da civilização humana a busca por condições adequadas de vida e trabalho fez com que os indivíduos migrassem para regiões nas quais a água pudesse ser encontrada facilmente. Com o surgimento das primeiras cidades e o advento da agricultura, tal exploração se tornou mais crescente, o que tornou muitas reservas aquíferas, antes intactas, expostas à poluição.

A partir do século XVIII, período de ascensão do setor industrial, o crescimento das indústrias refletiu drasticamente no ambiente natural. O volume de detritos despejados na água tornou-se maior e a acumulação de elementos não biodegradáveis como plásticos nos rios pôde ser observada. Ademais, o crescimento expressivo da população, “no período entre os anos de 1500 e 1780, apenas na Inglaterra, houve um aumento populacional de cerca de 3 milhões de habitantes para 8 milhões. Em 1880, este índice já estava em mais de 30 milhões” (CHINEM, 2013) tem implicado no aumento do consumo dos recursos hídricos para uso pessoal.

Um dos principais desafios do século XXI diz respeito à preservação da água. Com a escassez já sentida pela população, a disputa por recursos hídricos tem se tornado comum em países como a Turquia, Iraque e Síria.

Segundo o relatório de 2015 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), o planeta enfrentará um déficit de água de 40% até 2030, o que reacende os debates sobre a gestão deste recurso, a necessidade de reutilização da água e novas técnicas de preservação ambiental.

A água potável limpa, segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Mas a qualidade da água em todo o mundo é cada vez mais ameaçada à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global. (...) Há uma necessidade urgente para a comunidade global – setores público e privado – de unir-se para assumir o desafio de proteger e melhorar a qualidade da água nos nossos rios, lagos, aquíferos e torneiras. (ONU ÁGUA, 2010).

Diante da elevação do consumo e degradação dos recursos hídricos, a utilização de fontes alternativas passa a ser considerado para suprir demandas de água cujo uso é menos nobre.

Analisando o consumo de água residencial, por exemplo, temos como demanda: beber, preparar alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas, veículos, descarga da bacia sanitária, irrigação de jardins, entre outros.

No entanto, não é necessária a utilização de água potável para todas as atividades citadas. O consumo poderia ser dividido em demandas potáveis e não potáveis.

Atualmente, captamos água dos mananciais, gastamos com o tratamento para torná-la potável (recursos + energia), distribuição e posteriormente utilizamos esta água para fins que não necessitam desta qualidade, como descarga da bacia sanitária.

Como alternativas para abastecimento destas atividades temos o reuso de efluentes tratados, como a água cinza e/ ou o aproveitamento da água de chuva.

De acordo com a ABNT NBR 15527:2007 a água de chuva pode ser utilizada após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Além dos benefícios citados, o aproveitamento da água da chuva reduz a demanda de água fornecida pela companhia de saneamento e contribui para amenizar os efeitos da pavimentação nos centros urbanos, que ocasionam enchentes e inundações nos períodos de chuvas intensas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, sob as óticas econômica e ambiental, o aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em uma indústria mecânica localizada no município de Belo Horizonte / MG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as instalações físicas da indústria, identificar as demandas de água para os processos e os requisitos de qualidade da mesma;
- Analisar a viabilidade técnica do projeto e caracterizar econômica e ambientalmente os impactos dessa medida;
- Levantar os benefícios dessa medida em relação à imagem da indústria quanto ao seu Sistema de Gestão Ambiental.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A ÁGUA NA INDÚSTRIA

Problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos têm sido cada vez mais comuns no contexto atual.

A UNESCO (2015) ressaltou em seu relatório que a demanda hídrica global é fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética, e pelos processos macroeconômicos, tais como a globalização do comércio, as mudanças na dieta e o aumento do consumo.

Em 2050, prevê-se um aumento da demanda hídrica mundial de 55%, principalmente devido à crescente demanda do setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoeétrica e dos usuários domésticos (UNESCO, 2015).

Mais do que o uso doméstico, setores de destaque nacional como o agrícola, consomem uma quantidade elevada de água. De acordo com o Relatório Mundial (UNESCO, 2012), a agricultura é responsável por 74% da exploração de água nos BRICs (países emergentes considerados subdesenvolvidos, mas que, nas últimas décadas, apresentaram um crescimento industrial alto. Pertencem ao grupo: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.), oscilando entre 20%, no caso da Federação Russa, e 87% no caso da Índia. Relata-se que cerca de 20% da água doce explorada é usada pela indústria, ainda que isso varie entre as regiões e os países. Observa-se que a demanda hídrica no setor industrial de um país é geralmente proporcional ao nível médio de renda.

“Apesar de a indústria utilizar relativamente pouca água em uma escala global, ela requer um suprimento acessível, confiável e ambientalmente sustentável” (UNESCO, 2012).

Diante de tal cenário, torna-se clara a necessidade de se adotar medidas alternativas para o abastecimento de água, sendo o reuso e o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, opções viáveis.

Neste sentido, a implementação de programas de conservação e reuso de água nas indústrias pode ser significativo para evitar seu desperdício. Segundo Silva (2011), um Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA) é composto por um conjunto de ações específicas de racionalização do uso da água na unidade industrial, que devem ser detalhadas a partir da realização de uma análise de demanda e

oferta de água, em função dos usuários e atividades consumidoras, com base na viabilidade técnica e econômica de implantação das mesmas. Assim, ao reduzir sua quantidade gasta nos processos de trabalho, a empresa diminui os custos relacionados à captação e o tratamento de água, gerando economia.

Para a eficiência das ações de conservação de água, é necessário analisar primeiramente, as diversas aplicações da água na indústria. De acordo com Silva (2011), estas são:

- **Consumo humano:** Água usada em ambientes sanitários, vestiários, refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança e outras atividades domésticas com contato humano direto;
- **Matéria prima:** como matéria-prima, a água será incorporada ao produto final (como no setor de bebidas alcoólicas) ou é usada para a obtenção de outros produtos;
- **Fluído auxiliar:** Entre diversos usos, pode-se destacar a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários e reagentes químicos.
- **Geração de energia:** A água pode ser utilizada por meio da transformação da energia cinética, potencial ou térmica, acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.
- **Fluído de aquecimento e/ou resfriamento:** nestes casos, a água é utilizada como fluido de transporte de calor para remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor.
- **Outros usos:** Uso de água para combate à incêndio, rega ou incorporação em subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa.

3.2 LEGISLAÇÃO

A norma brasileira que versa sobre o aproveitamento de água de chuva é a NBR 15527:2007. A mesma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

De acordo com esta norma, a água de chuva é a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

Ainda não existe legislação que regulamente e crie diretrizes para o aproveitamento de água de chuva em nível federal. As leis e decretos abaixo estão voltados para a gestão dos recursos hídricos.

- **Lei Federal N° 9.433/ 1997**

A Lei Federal N° 9.433 de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e deu origem ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

São objetivos da mesma:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Estes objetivos demonstram a preocupação com o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, pois abordam a utilização, manutenção e prevenção da qualidade/ quantidade de água, já que esta é um recurso natural limitado.

Um dos fundamentos da PNRH prevê que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Sendo assim, o aproveitamento de água de chuva para indústrias é também uma alternativa em situações de escassez.

- **Lei Federal N° 13.153/ 2015**

Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação. A lei definiu em seu art. 5° que cumpre ao poder público promover a instalação de sistemas de captação e uso da água da chuva em cisternas e barragens superficiais e subterrâneas, bem como de poços artesianos onde houver viabilidade ambiental, entre outras tecnologias adequadas para o abastecimento

doméstico e a promoção da pequena produção familiar e comunitária, visando à segurança hídrica e alimentar.

- **Decreto Federal Nº 8.038/ 2013**

Este decreto regulamentou o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas. O mesmo destina-se à promoção do acesso autônomo e sustentável à água para consumo humano e para a produção de alimentos às famílias de baixa renda residentes na zona rural atingidas pela seca ou falta regular de água.

A seguir são apresentadas algumas leis que incentivam/ obrigam o aproveitamento de água pluvial nas esferas estadual e municipal.

- **Lei Estadual Nº 4.393/ 2004 - Rio de Janeiro**

Obriga as empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais que 50 m² de área construída, no Estado do Rio de Janeiro.

As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, molhação de jardins, limpeza, banheiros, etc..., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.

- **Lei Municipal Nº 4706/ 2008 – Betim/ MG**

O município de Betim, vizinho de Belo Horizonte, através desta lei instituiu o programa de reaproveitamento de águas provenientes de chuvas. O contribuinte interessado em participar do Programa deverá, quando do projeto de construção ou reforma residencial ou comercial, solicitar especificações técnicas referentes à instalação dos coletores de água destinados ao reaproveitamento. A Prefeitura Municipal de Betim, através dos órgãos competentes, aprovará e cadastrará as residências e comércios que aderirem ao Programa para fins de estudos referentes a incentivos.

- **Lei Municipal Nº 13.276/ 2002 – São Paulo/ SP**

Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

- **Lei Municipal Nº 10.785/ 2003 – Curitiba/ PR**

Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Este programa tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

- a) rega de jardins e hortas,
- b) lavagem de roupa;
- c) lavagem de veículos;
- d) lavagem de vidros, calçadas e pisos.

- **Lei Municipal Nº 6.345/ 2003 – Maringá/ PR**

Institui o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá, com a finalidade de diminuir a demanda de água no Município e aumentar a capacidade de atendimento da população.

Através do programa os municípios serão incentivados a instalar reservatórios para a contenção de águas servidas na base de chuveiros, banheiras, lavatórios e em outros locais julgados convenientes, bem como para o recolhimento de águas das chuvas, e também dispositivos para a utilização dessas águas na descarga de vasos sanitários e mictórios e lavagem de pisos, terraços e outros procedimentos similares.

- **Lei Municipal Nº 2.349/ 2004 – Pato Branco/ PR**

Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas edificações.

O Programa de Conservação e Uso Racional da Água tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

As disposições desta lei serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de construção de novas edificações, com as seguintes características:

- I – edificação residencial com área acima de 200,00 m²;
- II – edificação comercial com área acima de 100,00 m²;
- III – edificação industrial com qualquer área;
- IV – edificação pública com qualquer área;
- V – edificação educacional com qualquer área.

A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhadas a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como:

- a) rega de jardins e hortas;
- b) lavagem de roupa;
- c) lavagem de veículos;
- d) lavagem de vidros, calçadas e pisos;
- e) descargas de vasos sanitários.

- **Lei Complementar Nº 691/ 2008 – Blumenau/ SC**

Institui o Programa de Conservação e Uso Racional de Água no município de Blumenau, com o objetivo de instituir medidas que induzam à conservação de água, principalmente nas edificações, bem como à conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

De acordo com esta Lei, o sistema hidráulico-sanitário das novas edificações de uso não-residencial com área construída superior a 750,00m² (setecentos e cinquenta metros quadrados) deverá prever:

- I - bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;
- II - chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;
- III - torneiras equipadas com arejadores;

IV - sistema de captação de águas das chuvas.

A água captada da chuva não poderá ser utilizada na manipulação de alimentos, ingestão humana e para banhos, devendo o seu armazenamento ser realizado em tanques ou cisternas, inteiramente vedados e equipados com válvula de saída, sendo o acesso ao local restrito a pessoas autorizadas.

Ficam obrigados a disporem de sistema de captação de água da chuva, os imóveis utilizados na atividade de lavagem de veículos, independentemente do total da área construída e do ano de construção, sob pena de multa do nível V a que se refere o art. 8º da Lei nº 2.047, de 25 de novembro de 1974.

- **Belo Horizonte/ MG**

Encontra-se em tramitação em Belo Horizonte/ MG, o Projeto de Lei 1381/14, que estabelece a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define as normas gerais para sua promoção.

A proposta dispõe sobre captação, armazenamento e reaproveitamento da água das chuvas e seu direcionamento para usos industriais e não potáveis como rega de jardins e hortas, lavagem de pavimentos, descargas de vasos sanitários, irrigação, combate ao fogo e sistemas de ar condicionado.

A liberação do alvará para construção e habite-se estão sujeitos à implantação da captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais dos novos projetos de construção públicos e privados, destinados aos usos habitacionais, industriais, comerciais e de serviços, inclusive quando se tratar de edificações de interesse social, com área construída superior a 300 m².

O projeto já recebeu pareceres favoráveis nas comissões de Legislação e Justiça e de Meio Ambiente e Política Urbana e segue para a votação do Plenário.

Ademais, pode-se citar a lei municipal de Belo Horizonte nº 9.242/ 2006, que define a criação do Grupo Movimento das Águas.

Um dos objetivos deste grupo conforme a lei é capacitar e instrumentalizar os cidadãos no sentido de poder optar pela adoção, em seus ambientes residenciais, empresariais, de trabalho ou na gestão da cidade, de soluções de captação e uso de águas de chuva, como componentes de iniciativas minimizadoras de enchentes e propícias ao controle de cheias.

3.3 SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de aproveitamento de água de chuva é composto por alguns elementos básicos: sistema de coleta, sistema de transporte, sistema de descarte da água de escoamento inicial e o sistema de armazenamento.

3.3.1 Sistema de coleta

A área de coleta representa o início do sistema de coleta de água de chuva. Segundo Dias (2007), a captação da água de chuva poderá ocorrer em telhados, superfícies pavimentadas, rochas, etc.

De acordo com May (2004), dependendo do uso e tratamento a ser aplicado, a coleta da água de chuva poderá ser realizada através de superfícies impermeabilizadas, localizadas ao nível do chão tais como pátios, calçadas, estacionamentos.

Vale ressaltar que conforme a NBR 15527:2007, a área de captação deverá ser livre de circulação de pessoas, veículos ou animais.

Gould & Nissen-Petersen (1999) *apud* Dias (2007), classificam os sistemas em função do tipo de captação utilizada:

- Sistema de captação de água pluvial através de pisos pavimentados: apesar de permitir a captação de uma grande quantidade de água, a mesma pode não apresentar uma boa qualidade, pois está sujeita a fontes de contaminação como veículos, animais, entre outros. É o caso de pátios, estacionamentos, calçadas.
- Sistema de captação através de represas: obtenção de grande quantidade de água, porém com desvantagens ambientais, pois a construção de represas pode fazer com que largas áreas sejam desmatadas; e do ponto de vista econômico, além do custo elevado da obra, normalmente estas áreas se localizam a uma longa distância dos grandes centros, fazendo com que os custos com transporte sejam elevados.
- Sistema de captação através de coberturas: é o mais utilizado, principalmente por estar livre de diversos poluentes (circulação de pessoas, veículos, animais, entre outros).

3.3.1.1 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial

O volume de água precipitado não corresponde ao volume de água aproveitado, pois as perdas de água por evaporação, vazamentos, entre outras, precisam ser consideradas.

De acordo com Tomaz (2003), Coeficiente de Runoff representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado.

O tipo de material utilizado no sistema de captação interfere no valor do coeficiente de aproveitamento, conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais de captação

Material	Coeficiente		Fonte
	Mínimo	Máximo	
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,9	0,95	Wilken (1978)
Telhado inclinado com telha cerâmica	0,75	0,9	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhado inclinado com telha esmaltada	0,9	0,95	
Telhas cerâmicas	0,8	0,9	Hofkes (1981)
Telhas corrugadas de metal	0,7	0,9	e Frasier (1975)

Fonte: LAGE, 2010 adaptado de MAY, 2004.

3.3.2 Sistema de transporte

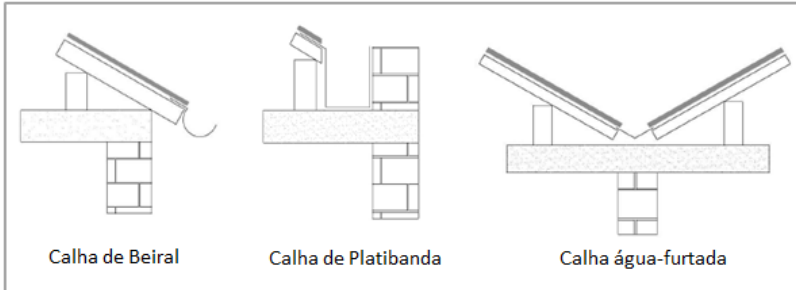
Segundo May (2004), este sistema é composto por calhas (condutores horizontais) e condutores verticais que transportam a água do telhado até o sistema de armazenamento.

As calhas devem ser projetadas conforme a NBR 10844:1989 que fixa as exigências necessárias aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais.

Dias (2007) ressalta a importância de garantir que não entre no reservatório elementos indesejáveis que possam comprometer a qualidade da água (insetos, roedores, cobras).

Os tipos mais comuns de calhas podem ser visualizados na Figura 1:

Figura 1 - Tipos mais comuns de calhas



Fonte: DIAS, 2007.

Conforme a NBR 10844:1989, a inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%. Já as calhas de água-furtada têm inclinação de acordo com o projeto da cobertura.

3.3.2.1 Separadores de materiais grosseiros

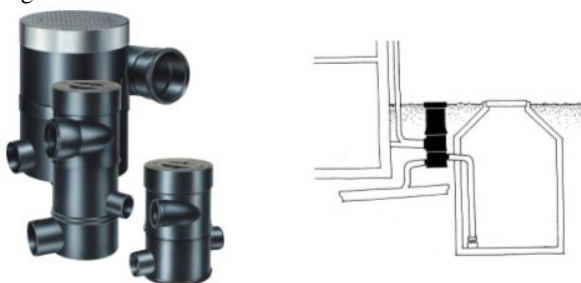
O telhado utilizado para captação da água de chuva pode conter materiais grosseiros como folhas, gravetos, detritos que podem ocasionar o entupimento da tubulação.

Sendo assim, dispositivos como os apresentados a seguir, são necessários para remoção de sólidos suspensos.

Filtros Vortex

De acordo com a Aquastock os filtros Vortex, apresentado na Figura 2, são instalados no ponto de união da tubulação que drena a água de chuva de diversos condutores verticais, sendo então mais eficientes. Utilizam um princípio original de filtragem, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com mínima perda de água e exigência de manutenção.

Figura 2 - Filtro Vortex



Fonte: AQUASTOCK. Acesso em 10 Julho. 2015.

Filtro Industrial

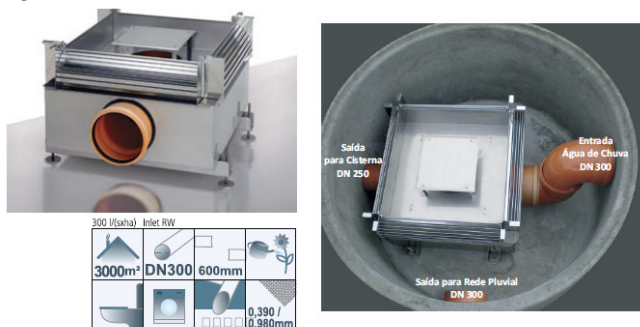
O Filtro VF12 fabricado pela empresa 3P Technik é um modelo industrial que atende áreas de captação maiores.

Conforme apresentado na Figura 3, ele possui um sistema duplo de limpeza (peneira grossa, depois fina) garantindo uma grande eficácia independente da vazão.

Em função da forte inclinação do miolo filtrante a sujeira separada é continuamente encaminhada para a galeria pluvial.

A saída para a galeria é conectada ao poço técnico. A sujeira cai no fundo do poço e é carregada quando chove mais forte.

Figura 3 - Filtro Industrial VF12

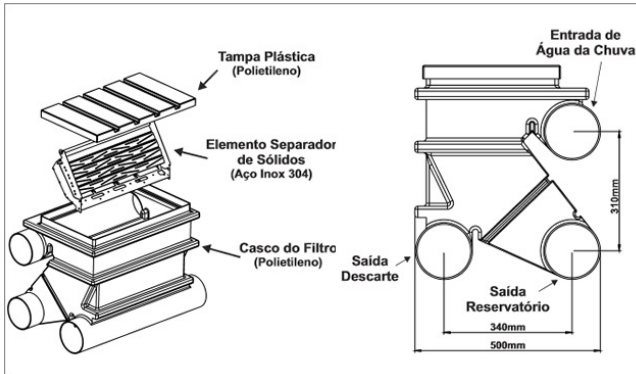


Fonte: 3P TECHNIK. Acesso em 10 Julho. 2015.

A empresa AUXTRAT, localizada em Joinville/ SC, também trabalha com filtros para aproveitamento de água de chuva. Os equipamentos possuem tecnologia e fabricação 100% brasileira.

O filtro Coletor AC 500, Figura 4, é semelhante ao VF12 fabricado pela 3P Technik. Fabricado em aço inox 304, faz a separação da sujeira da água da chuva proveniente do telhado/ área de captação em dois estágios: Primeiro separa a sujeira grossa através das aletas de infiltração, em seguida separa a sujeira fina ($>0,33\text{mm}$) através da tela disposta em grau que funciona como uma peneira hidrostática. Em função da inclinação do elemento separador de sólidos a sujeira separada será eliminada para a(s) saída(s) de descarte do AC-500.

Figura 4 - Filtro Coletor AC 500

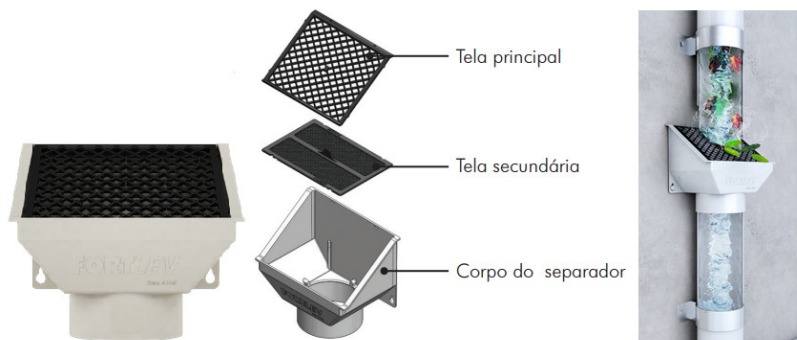


Fonte: AUXTRAT. Acesso em 10 Jan. 2016.

Separador de Folhas Fortlev

O Separador de Folhas Fortlev tem a função de reter folhas e detritos grosseiros provenientes do telhado e da calha. Conforme Figura 5 ele é composto por duas telas que fazem a retenção dos sólidos.

Figura 5 - Separador de Folhas Fortlev



Fonte: FORTLEV. Acesso em 03 Dez. 2015.

3.3.2.2 Descarte da primeira água

Segundo May (2004) pequenos animais como pássaros, ratos, gatos, entre outros, possuem acesso ao telhado, portanto há probabilidade do telhado conter fezes desses animais. Além disso, folhas e galhos são trazidos pelo vento. Considerando tais fatores, recomenda-se o descarte da porção inicial da água, pois esta será usada para fazer a limpeza do telhado.

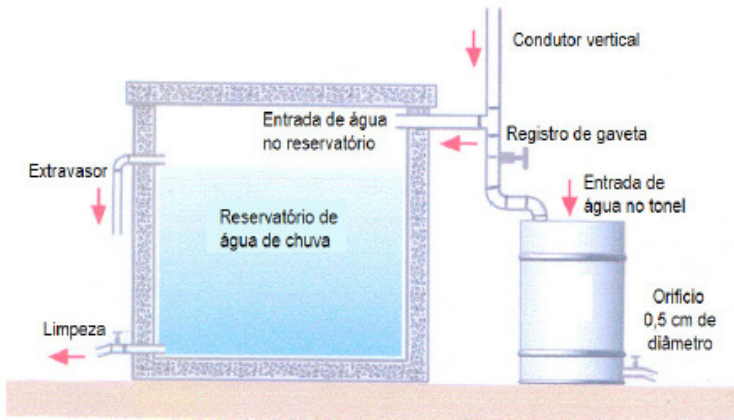
A NBR 15527:2007 recomenda que o dispositivo utilizado para realizar o descarte da primeira água seja automático. Ele deverá ser dimensionado pelo projetista, porém na falta de dados recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Alguns dos dispositivos utilizados para realizar o descarte da primeira água serão apresentados a seguir:

Tonel para descarte da primeira água

De acordo com Dacach (1990) a água do telhado passa pela calha e desce pelo condutor chegando até um tonel com capacidade para 50 litros. Dependendo da área de coleta o tonel poderá ter um volume maior. O mesmo deve possuir um orifício na parede inferior, com cerca de 0,5 cm de diâmetro. Na Figura 6 é possível verificar o funcionamento do tonel.

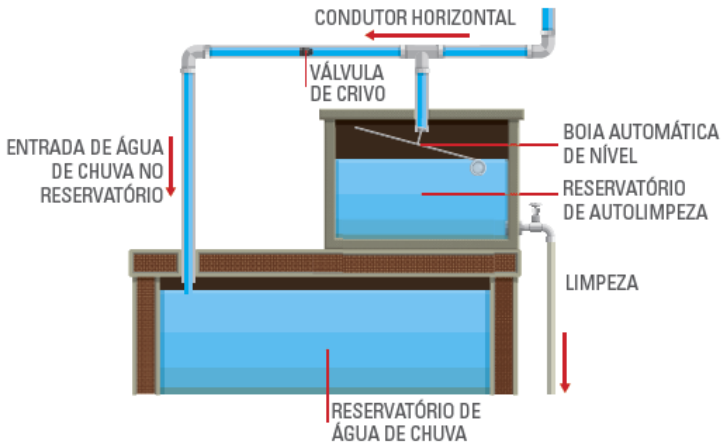
Figura 6 - Tonel para descarte da primeira água



Fonte: DACACH, 1990.

O reservatório com torneira bóia (Figura 7) funciona de forma que, ao atingir um nível pré-estabelecido equivalente ao volume de descarte, a bóia fecha o condutor encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água.

Figura 7 – Reservatório de auto-limpeza com torneira bóia

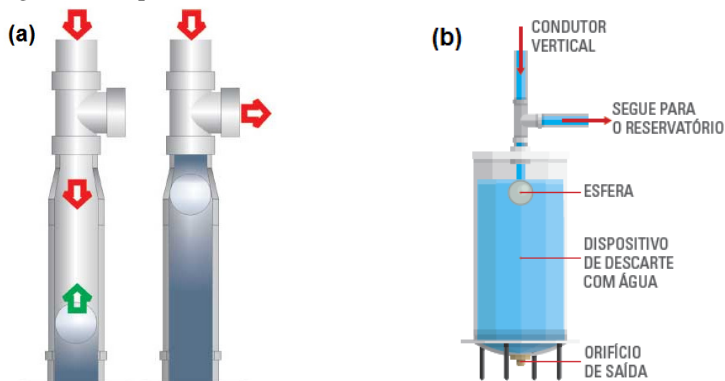


Fonte: FEAM (2016) adaptado de DACACH (1990).

Dispositivo automático de descarte das primeiras águas

Nestes dispositivos, o desvio para o reservatório de armazenamento é feito a partir de uma válvula de esfera (Figura 8). À medida que o nível de água vai subindo no tubo, a esfera flutuante se eleva até obstruir a entrada de água e desviar o fluxo para o reservatório.

Figura 8 - Dispositivo automático com esfera flutuante



Fonte: (a) REVISTA TÊCHNE PINI. Acesso em 03 jan. 2016.

(b) FEAM (2016) adaptado de PROSAB (2006).

Dispositivo de descarte de escoamento inicial SAFERAIN

É um dispositivo fabricado na Austrália que funciona como uma válvula de desvio de escoamento inicial fundamentado no desvio de fluxo, sem o uso de reservatório de acumulação (Figura 9).

Figura 9 – Dispositivo SAFERAIN



Fonte: SAFERAIN. Acesso em 03 jan. 2016

3.3.3 Sistema de armazenamento

Conforme a ABNT NBR 15527:2007 os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano.

A manutenção deverá ser realizada em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 - Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento superficial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT NBR15527:2007

De acordo com Peters (2006), o reservatório ou cisterna é o componente final do sistema de aproveitamento de água.

A disposição da cisterna dependerá da necessidade requerida pelo sistema, podendo estar apoiada, enterrada ou elevada. Poderão ser construídas por diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, ferro-cimento, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. Vale ressaltar que a escolha do material da cisterna é importante, não somente para determinar o custo do sistema, mas também para garantir uma qualidade mínima da água armazenada.

Segundo May (2004), o reservatório é o componente mais caro do sistema de aproveitamento de água de chuva, por isso seu dimensionamento deverá considerar sempre a relação custo/benefício para não tornar a implantação do sistema inviável.

Para facilitar o dimensionamento dos reservatórios foram elaborados modelos matemáticos. A NBR 15527:2007 recomenda a utilização dos seguintes métodos: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e o Método Prático Australiano.

Os métodos baseados em simulação tem se mostrado mais adequados para o dimensionamento do reservatório de água de chuva,

pois permitem considerar tanto as variações mensais ou diárias de precipitação, como às de consumo de água. Também permite simular cenários de reservatório com diferentes capacidades e estado inicial de enchimento. O *software* Netuno é um modelo de simulação.

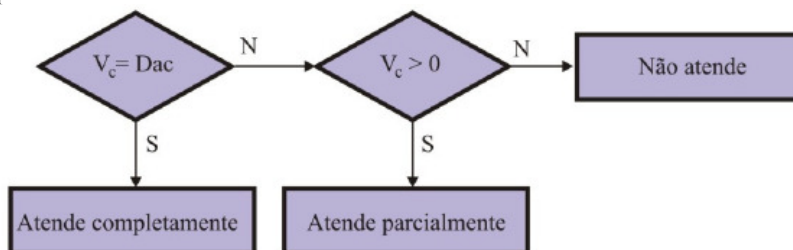
3.3.3.1 Software NETUNO

O Netuno é um programa computacional utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. Foi desenvolvido pelo LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da Universidade Federal de Santa Catarina (GHISI; CORDOVA, 2014).

O algoritmo utilizado na simulação considera dados diários de precipitação.

A água que escoar pela superfície de captação, descontadas as perdas, é conduzida ao reservatório de armazenamento. Se a capacidade do reservatório é excedida e se a demanda de água pluvial é menor que este volume, a demanda é atendida e o excesso de água é extravasado. Caso contrário, a demanda de água pluvial é atendida parcial ou totalmente pela concessionária de água potável (GHISI, 2010 *apud* LAGE 2010), conforme observado na Figura 10.

Figura 10 - Determinação do percentual de atendimento da demanda de água pluvial



Onde:

V_c : Volume de água pluvial disponível (litros);

D_{ac} : Demanda de água pluvial (litros).

N: Não

S: Sim

Fonte: LAGE, 2010.

3.3.4 Qualidade da água

Ainda que a utilização da água de chuva seja para fins não potáveis, a qualidade da água deverá ser analisada.

De acordo com a NBR 15527:2007, os padrões de qualidade da água de chuva para fins não potáveis devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Porém, para usos mais restritivos, deve ser utilizada a Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b . Para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
a: No caso de serem utilizados compostos de cloro para a desinfecção		
b: uT é a unidade de Turbidez		
c: uH é a unidade Hazen		

Fonte: ABNT NBR15527:2007

Cardoso (2009) avaliou em sua pesquisa a qualidade da água de chuva captada em Belo Horizonte/ MG. A pesquisa foi realizada em duas regiões da cidade: Centro e Pampulha.

Neste estudo foram instalados dois sistemas pilotos em cada região, um apresentava superfície de captação constituída por telhas cerâmicas e o outro por telhas metálicas. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza, sulfato, ferro, manganês e chumbo) e microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*), de acordo com o *Standard Methods*.

Com relação aos resultados apresentados pelo autor, os parâmetros coliformes totais, cor aparente, turbidez e ferro não atingiram o padrão recomendado pela Norma Brasileira nº 15.527/2007 da ABNT e Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde quando foi descartado o volume de 2,0 L de água de chuva por m² de telhado, indicados na referida Norma.

Outro fato relevante apresentado foi que o telhado metálico, de um modo geral, apresentou água captada de qualidade superior do que a água captada pelo telhado cerâmico, principalmente quanto aos parâmetros microbiológicos. Segundo Cardoso (2009), a telha metálica ao ser aquecida, provavelmente inativou muitos micro-organismos que ali estavam depositados.

3.4 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE E AMBIENTAL

Um sistema de gestão é composto basicamente por processos e todo processo é um conjunto de causas que geram os efeitos desejados. “Gerenciar processos, em todos os níveis da empresa, é o propósito do sistema de gestão” (GERMANI, 2000).

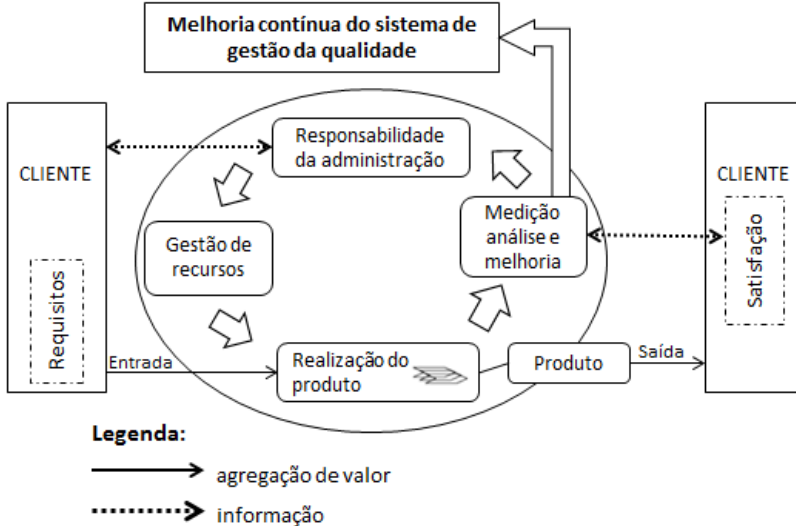
Os processos necessários para o sistema de gestão da qualidade incluem processos para atividades de gestão, provisão de recursos, realização do produto e medição, análise e melhoria (ABNT NBR ISO 9001:2008).

A NBR ISO 9001:2008 especifica os requisitos para um sistema de gestão da qualidade.

Esta Norma promove a adoção de uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente pelo atendimento aos seus requisitos (ABNT NBR ISO 9001:2008).

A Figura 11 ilustra o modelo de um sistema de gestão da qualidade, baseado na abordagem de processo.

Figura 11 - Modelo de um sistema de gestão da qualidade



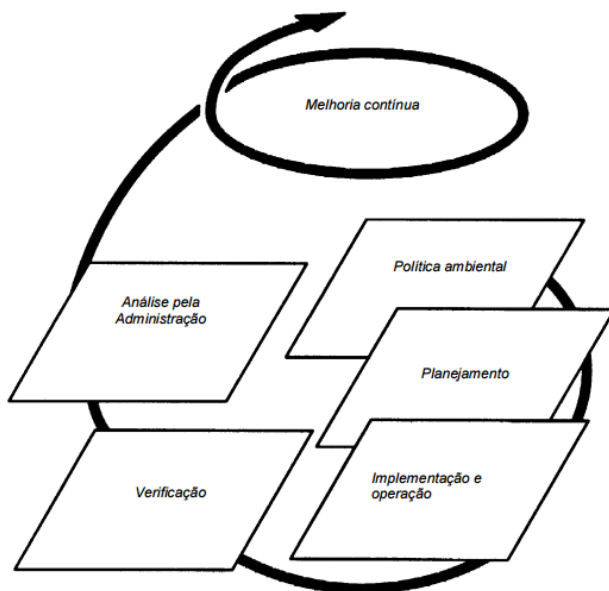
Fonte: NBR ISO 9001:2008

De acordo com Germani (2000) uma atividade, produto ou serviço não deve comprometer o meio ambiente em que se insere. Sendo assim, além das dimensões da qualidade, a inserção da dimensão meio ambiente, deve ser considerada no sistema de gestão.

A norma ISO 14001 estabelece as diretrizes básicas para o desenvolvimento de um sistema que gerencia a questão ambiental dentro da empresa, ou seja, um sistema de gestão ambiental (SPÓSITO, 2008).

A NBR ISO 14001 é baseada na metodologia conhecida como PDCA, *Plan-Do-Check-Act* / Planejar-Executar-Verificar-Agir, conforme ilustrado na Figura 12 (ABNT NBR ISO 14001:2004).

Figura 12 - Modelo de um sistema de gestão ambiental



Fonte: NBR ISO 14001:2004

A adoção de certificações como a NBR ISO 9001 e 14001 demonstram o comprometimento das organizações tanto com a qualidade dos produtos/ serviços, quanto com o meio ambiente (responsabilidade ambiental).

Tanto do ponto de vista da qualidade, como ambiental, a correta implantação de um sistema de gestão que permita a certificação por critérios bem estabelecidos pode contribuir para diferenciação do produto final e, conseqüentemente, aumentar a competitividade da organização (SPÓSITO, 2008).

Várias organizações optam por trabalhar com um sistema de gestão integrado, ou seja, unificando as normas NBR ISO 9001 e 14001. A própria NBR ISO 14001:2004 traz em seu texto esta opção ao mencionar que compartilha princípios comuns de sistemas de gestão com a série de Normas NBR ISO 9000 para sistemas de qualidade e que cabe a organização a decisão de utilizar este sistema de como base para seu sistema de gestão ambiental (ABNT NBR ISO 14001:2004).

3.5 ANÁLISE DE CUSTOS

Segundo Schroeder, et al. (2005), “a exigência básica de um projeto de investimento é a geração de retorno econômico, que compense os riscos e os custos de capital envolvidos no investimento”.

De acordo com Rodrigues (2014), analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto de desenvolvimento de produtos e serviços significa estimar e analisar as perspectivas de desempenho financeiro do produto e dos serviços associados resultante do projeto.

Existem vários métodos para avaliar a viabilidade de um investimento, alguns deles estão relacionados na Tabela 4.

Tabela 4 - Métodos de avaliação de investimentos

MÉTODO	DESCRIÇÃO
Valor Presente Líquido	Reflete a riqueza em valores monetários do investimento, medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa, frequentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo do capital (REBELATTO, 2004, p.214).
Payback	Corresponde ao período no qual os resultados líquidos acumulados da operação do empreendimento equivalem ao investimento. Período de recuperação descontado: período no qual os resultados líquidos da operação do empreendimento, descontados a uma determinada taxa, equivalem financeiramente ao investimento.
Taxa Interna de Retorno	Corresponde a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido (VPL) de uma oportunidade de investimento a R\$ 0,00 porque o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial (GITMAN, 2007).
Retorno sobre Investimento	Mede o desempenho da empresa na utilização dos seus investimentos.

Continuação.

MÉTODO	DESCRIÇÃO
Índice de Lucratividade	Mede a relação entre valor presente dos fluxos de caixa gerados por um projeto e o valor presente das saídas de caixa (NBR 14653-4, 2002; NETO, 1992, p.4).
Opções Reais	Tem como objetivo considerar o valor da flexibilidade gerencial do projeto, à medida que novas informações chegam e que a incerteza diminui (CAMARGO JUNIOR; YU; NASCIMENTO, 2009). Existem diferentes formas de aplicar a abordagem das opções reais: Modelo Black-Scholes; avaliação usando árvore binomial; teoria do “option pricing” e a sua variante “options thinking” (BLACK, F.; SCHOLES, 1973; FAULKNER, 1996; MIKAELIAN et al., 2011).
Valor Comercial Esperado	Utiliza os conceitos da árvore de decisão, e considera as probabilidades de sucesso técnico e comercial, custos de comercialização e de desenvolvimento, para determinar o valor esperado do projeto (COOPER, 2000).

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, 2014.

Schroeder, et al. (2005) destaca dois métodos:

Considera-se que dois métodos ou critérios são bastante recomendados e utilizados na análise de projetos de investimentos: o método do Valor Presente Líquido (VPL) e o método da Taxa Interna de Retorno (TIR). O VPL e a TIR são considerados e denominados em grande parte da literatura financeira como os métodos mais tradicionais e eficientes na avaliação de projetos de investimentos (SCHROEDER, et al., 2005).

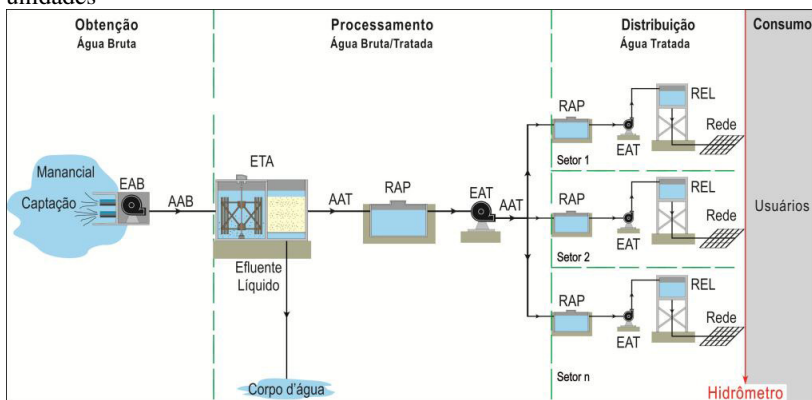
3.6 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: DESPESAS DE EXPLORAÇÃO

De acordo com Pereira (2014), o Sistema de Abastecimento de Água é composto por estruturas, equipamentos e dispositivos utilizados na realização do serviço de fornecimento de água com a qualidade, quantidade e regularidade necessárias para o atendimento das demandas dos usuários de acordo com os padrões exigidos para a proteção da saúde pública.

O SAA pode ser entendido como uma linha industrial, constituída por unidades integradas em três grandes grupos, para obtenção de água bruta, processamento de água e distribuição de água tratada, a saber: a) Grupo de Obtenção - tem a finalidade de retirada e transporte da matéria-prima (água bruta) do manancial até a primeira unidade do Grupo de Processamento. É constituído pelas unidades de captação, elevação e adução de água bruta; b) Grupo de Processamento - tem a finalidade de transformar a matéria-prima (água bruta) em produto (água tratada) que atenda às exigências do mercado consumidor (domiciliar, industrial, comercial etc.) e aos requisitos legais e normativos. É constituído pelas unidades de tratamento, reservação, elevação e adução de água tratada; c) Grupo Distribuição - tem a finalidade de entregar o produto (água tratada) aos clientes da(s) área(s) de atendimento do SAA. É constituído pelas unidades de reservação, elevação e distribuição de água tratada (PEREIRA, 2014).

A concepção do Sistema de Abastecimento de água considerando todas as unidades pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Composição de um Sistema de Abastecimento de água com todas as unidades



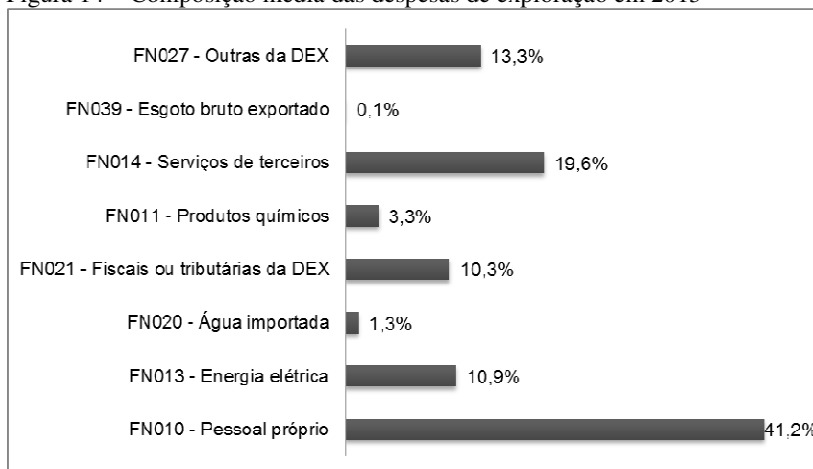
Fonte: PEREIRA, 2014.

3.6.1 - Despesas de Exploração (DEX)

As despesas de exploração (DEX) correspondem aos valores de custeio, compreendendo despesas com pessoal próprio, produtos químicos, energia elétrica, serviços de terceiros, água importada, esgoto exportado, despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX, além de outras despesas de exploração (SNIS, 2014).

A Figura 14 apresenta em percentuais o valor de cada um dos componentes no valor total da despesa de exploração dos prestadores de serviço participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2013.

Figura 14 – Composição média das despesas de exploração em 2013



Fonte: SNIS, 2014.

Conforme se observa na Figura 18, a despesa com energia elétrica corresponde a 10,9% das despesas de exploração.

3.6.1.1 Despesa de Energia Elétrica

A relação existente entre os setores de energia elétrica e de abastecimento de água é observada desde os primórdios da história humana, destacando-se que o continuado avanço científico tem resultado no aperfeiçoamento dos dispositivos de captação, elevação e tratamento de água, com aumento da capacidade e melhor aproveitamento de energia da massa líquida.

As despesas com energia elétrica ocorrem pela utilização de equipamentos eletromecânicos na operação das unidades, em prédios administrativos e na iluminação de áreas internas e externas.

Os conjuntos motor e bomba das estações elevatórias de água são os principais responsáveis pelas despesas com energia elétrica, tendo grande influência no valor das tarifas e na sustentabilidade do SAA.

A despesa com energia elétrica tem grande impacto na despesa de exploração das prestadoras regionais, com variação entre 7,38 % e 21,67 % nos dados de 2010 e entre 4,50% e 39,15% nos dados de 2011 apresentados no SNIS, conforme relacionado na Tabela 5 (PEREIRA, 2014 *apud* BRASIL, 2012/ 2013).

Tabela 5 – Participação da despesa com energia elétrica nos custos de exploração das Prestadoras de Serviço Regional

Prestadoras Regionais	Volume produzido (1000 m ³ /ano)		Dex EE / Dex (%)	
	2010	2011	2010	2011
CAEMA	285.242,20	305.194,66	21,67	39,15
CAERN	230.620,00	239.114,93	21,62	22,76
COMPESA	625.634,20	680.613,52	21,32	19,16
CASAL	142.825,80	145.074,03	21,08	24,38
COSANPA	152.862,80	152.377,00	18,11	19,83
CESAN	520.892,00	245.796,06	15,20	12,53
SANEPAR	650.110,80	681.768,94	15,10	15,58
CAGECE	316.640,00	379.844,00	14,29	17,96
SANEATINS	75.709,30	78.749,30	13,99	17,60
CAGEPA	201.151,20	216.655,74	13,98	15,48
DEPASA	20.113,30	19.680,34	13,83	14,38
COPANOR	5.050,00	7.578,45	13,82	21,52
EMBASA	657.530,40	659.369,22	13,28	12,41
DESO	165.697,40	179.276,00	13,17	14,32
COPASA	887.213,30	905.929,75	13,09	12,63
SANEAGO	342.225,70	352.909,57	12,52	9,97
SABESP	2.948.771,30	2.988.678,85	12,51	11,65
SANESUL	97.621,10	99.766,28	12,24	12,95
CAER	46.304,30	44.576,47	12,05	9,75
CAERD	67.833,90	69.593,34	11,61	11,11
CEDAE	1.716.359,20	2.167.166,00	10,99	12,34
AGESPISA	163.527,70	195.921,79	10,91	14,22
COSAMA	14.669,70	15.986,72	10,85	10,26
CASAN	197.016,50	280.054,68	9,44	8,80
CORSAN	521.942,10	507.027,44	8,94	10,16
CAESA	68.846,70	70.337,94	8,54	4,50
CAESB	230.714,00	234.902,00	7,38	6,25

Fonte: PEREIRA, 2014 *apud* BRASIL, 2012/ 2013.

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013 divulgado pelo SNIS (2014), o Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058) é de 0,76 kWh/m³ no município de Belo Horizonte/ MG, cujo abastecimento é feito pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA.

A relação entre água e energia é comum às turbinas e aos conjuntos motor e bomba, sendo o manancial um possível exemplo da convergência dos setores de energia e de saneamento, pois a retirada de água para abastecimento público pode reduzir o nível de água do manancial, comprometendo a geração de energia elétrica.

O Prof. Daniel Costa dos Santos *apud* Pereira (2014), enfatiza que os projetos com reuso de água em residências, indústrias e no próprio SAA

são ações positivas para a eficiência hidroenergética, ressaltando a importância da conservação quantitativa que requer práticas de economia de água, como a redução de volumes perdidos no SAA e desperdiçado pelos usuários; e da conservação qualitativa, que requer práticas de controle da poluição dos recursos hídricos, como a coleta e o tratamento de esgoto sanitário. (PEREIRA, 2014)

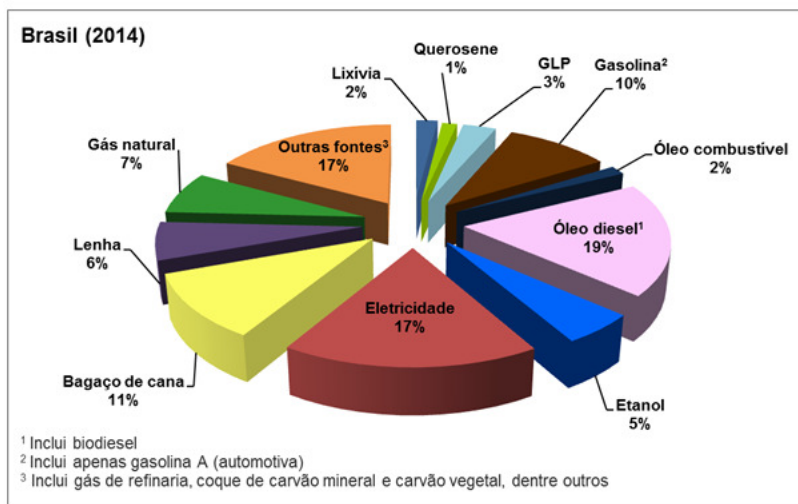
3.7 GERAÇÃO DE ENERGIA

3.7.1 Matriz Energética Brasileira

A EPE – Empresa de Pesquisa Energética disponibiliza anualmente o BEN – Balanço Energético Nacional que é fundamental para atividades de planejamento e acompanhamento do setor energético nacional.

De acordo com o relatório do ano de 2015 referente aos dados de 2014, a matriz energética brasileira está distribuída conforme Figura 15.

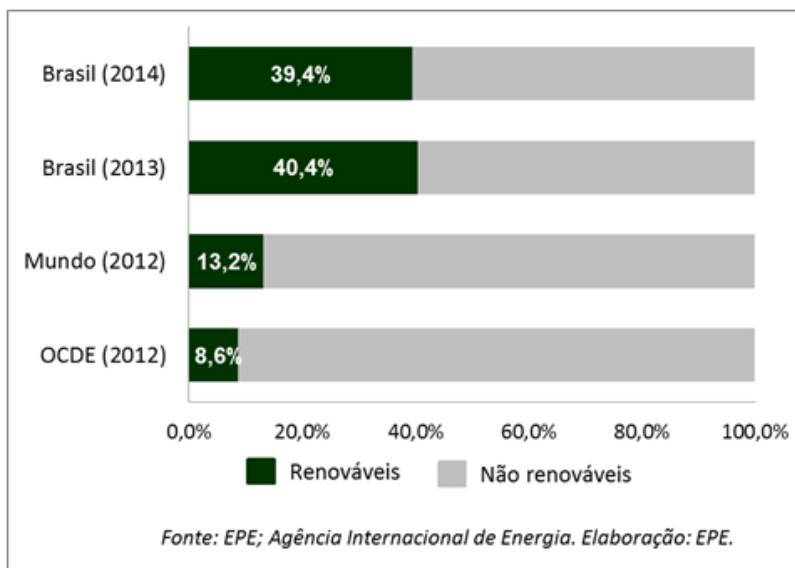
Figura 15 - Consumo final de energia por fonte



Fonte: BEN – Balanço Energético Nacional, 2015.

De acordo com a EPE (2015), a repartição da oferta interna de energia corresponde a 39,4% de fontes renováveis e 60,6% não renováveis. Conforme observado na Figura 16, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo. No entanto, devido às condições hidrológicas desfavoráveis observadas ao longo do período, houve redução da oferta de energia hidráulica ocasionando em uma pequena redução em comparação ao ano de 2013.

Figura 16 - Participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira



Fonte: BEN – Balanço Energético Nacional, 2015.

Em 2014, o setor industrial foi responsável pelo maior consumo de energia seguido pelo setor de transportes conforme abaixo:

- Indústrias – 32,9%
- Transportes – 32,5%
- Setor energético – 10,3%
- Residências – 9,3%
- Serviços – 4,7%
- Agropecuária – 4,2%

No entanto, em comparação com o ano de 2013, o setor industrial registrou uma queda no consumo de energia de 0,9% (EPE, 2015).

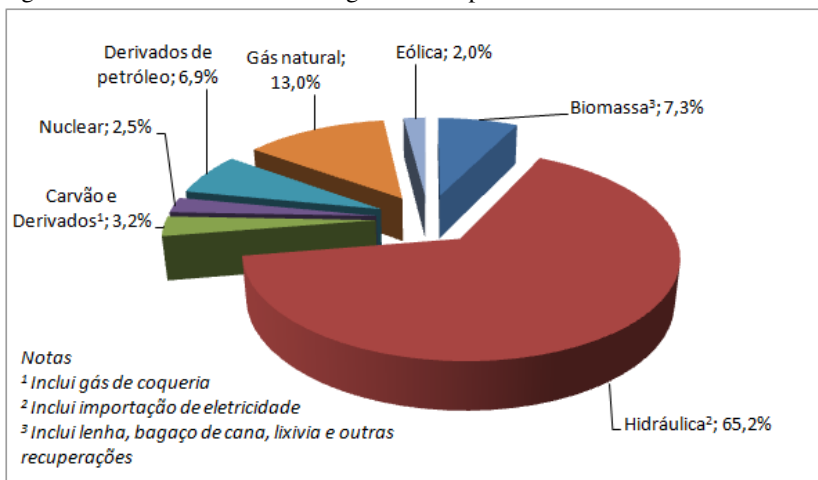
3.7.1.1 Matriz Elétrica Brasileira

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 590,5 TWh em 2014, resultado 3,4% superior ao de 2013 (EPE, 2015).

Ademais, de toda a energia produzida, as principais contribuintes são as centrais elétricas de serviço público, com 84,1% da geração total.

A Figura 17 apresenta a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2014:

Figura 17 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte



Fonte: BEN – Balanço Energético Nacional, 2015.

A principal fonte de geração de energia elétrica é hidráulica, embora tal fonte tenha apresentado uma redução de 4,5% em 2014 na comparação com o ano anterior.

As fontes renováveis representam 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (EPE, 2015).

Analisando o consumo de energia do setor industrial, observa-se que a eletricidade é a principal fonte de energia conforme apresentado na Figura 18:

Figura 18 - Consumo de energia por fonte no Setor Industrial

FONTES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	%
GÁS NATURAL	9,9	9,9	10,0	10,4	9,5	10,8	11,3	11,1	11,0	11,1	
CARVÃO MINERAL	3,9	3,6	3,7	3,8	3,2	3,8	4,2	4,0	4,1	4,4	
LENHA	7,7	7,6	7,5	8,0	8,6	8,4	8,3	8,4	8,7	8,9	
BAGAÇO DE CANA	18,0	20,1	19,9	18,9	21,2	20,2	19,1	20,1	19,5	18,5	
OUTRAS RENOVÁVEIS	5,5	5,8	5,8	6,1	6,8	6,7	6,5	6,3	6,8	7,5	
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	
ÓLEO COMBUSTÍVEL	6,1	5,3	5,2	4,9	4,9	3,8	3,3	3,0	3,0	3,0	
GÁS DE COQUERIA	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	
COQUE DE CARVÃO MINERAL	8,8	8,1	8,3	8,2	7,0	8,8	9,3	9,0	8,8	9,2	
ELETRICIDADE	20,7	20,7	20,4	20,8	21,1	20,4	20,3	20,3	20,5	20,2	
CARVÃO VEGETAL	7,8	7,2	7,0	6,9	4,3	4,7	4,8	4,5	4,1	3,9	
OUTRAS	9,9	9,9	10,7	10,5	11,6	10,6	11,3	11,3	11,6	11,7	
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Fonte: Adaptado de BEN, 2015.

3.7.1.2 Fator de Emissão de Carbono

O Brasil apresenta um perfil diferente dos países desenvolvidos, em que as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis se sobressaem (BRASIL MCT, 2010).

No setor de energia são consideradas as emissões antrópicas devido à produção, à transformação, ao transporte e ao consumo de energia. São incluídas tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis quanto às emissões devido a fugas na cadeia de produção, transformação e consumo (BRASIL MCT, 2010).

Em 2014, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 485,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂-eq), sendo a maior parte (221,9 Mt CO₂-eq) gerada no setor de transportes (EPE, 2015).

De acordo com a EPE (2015) apesar do aumento da geração térmica, o setor elétrico brasileiro emitiu, em média, apenas 137 kg CO₂ para produzir 1 MWh. É um índice muito baixo quando se estabelece comparações internacionais. Por exemplo, os setores elétricos americano e chinês emitem, respectivamente, 6 e 9 vezes mais.

A Figura 19 apresenta as Emissões de GEE provenientes da Geração Elétrica no Brasil – MtCO₂e conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2014.

Figura 19 - Emissões de GEE provenientes da Geração Elétrica no Brasil – MtCO₂e

ORIGEM	2009	2010	2011	2012	2013	Δ% (2013/2012)	Part% (2013)
TOTAL	24,48	38,40	32,12	47,16	71,03	50,6	100,0
SIN	9,96	20,80	14,89	28,95	52,83	82,5	74,4
SISTEMAS ISOLADOS	8,02	7,86	7,10	7,58	7,52	-0,8	10,6
AUTOPRODUÇÃO	6,50	9,74	10,13	10,63	10,68	0,5	15,0

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) publica dois tipos de fatores de emissão de CO₂ para energia elétrica: um para ser usado em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e outro para ser usado em Inventários.

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

Os fatores de emissão de CO₂ calculados de acordo com a ferramenta metodológica “Tool to calculate the emission factor for an electricity system, versões 1, 1.1, 2, 2.1.0, 2.2.0, 2.2.1, 03.0.0 e 04.0” aprovada pelo Conselho Executivo do MDL têm como objetivo estimar a contribuição, em termos de redução de emissões de CO₂, de um projeto de MDL que gere eletricidade para a rede. A sua utilidade está associada a projetos de MDL e se aplica, exclusivamente, para estimar as reduções certificadas de emissões (RCEs) dos mesmos.

INVENTÁRIOS

Os fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica a serem utilizados em inventários têm como objetivo estimar a quantidade de CO₂ associada a uma geração de energia elétrica determinada. Ele deve ser usado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento.

A Tabela 6 apresenta os anos e os respectivos fatores de emissão de acordo com esta metodologia.

Tabela 6 - Média anual dos fatores de emissão do SIN

Ano base	Fator Médio Anual (tCO₂/MWh)
2008	0,0484
2009	0,0246
2010	0,0512
2011	0,0292
2012	0,0653
2013	0,0960
2014	0,1355

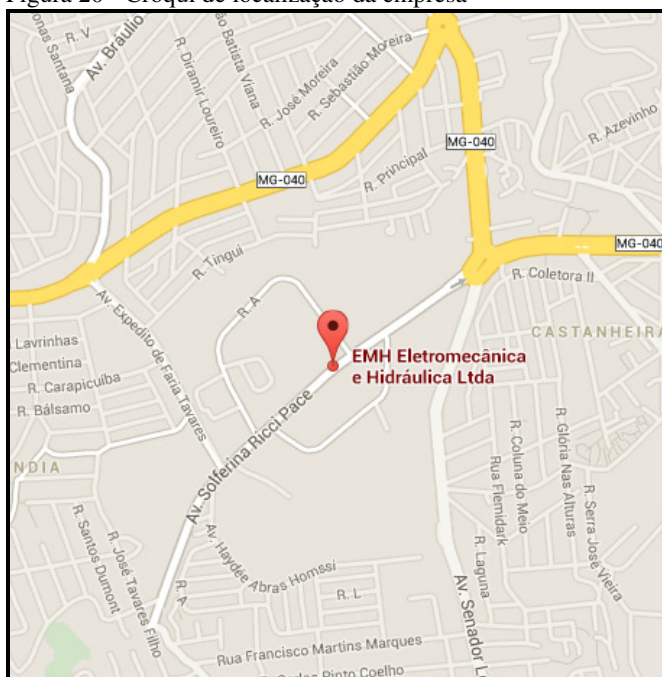
Fonte: MCTI, 2015.

4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A EMH ELETROME CÂNICA E HIDRAULICA LTDA foi fundada em 1977, está localizada na Avenida Solferina Ricci Pace, 635 – Bairro: Distrito Industrial do Jatobá no município de Belo Horizonte/MG. Através das Figuras 20 e 21 é possível visualizar a inserção espacial do empreendimento.

Figura 20 - Croqui de localização da empresa



Fonte: GOOGLE MAPS, 2015.

Figura 21 - Planta de Localização



Fonte: Software GOOGLE EARTH – Data das imagens: 14/06/2009.

As atividades desenvolvidas pela indústria são: fabricação de ferramentas; de máquinas e equipamentos para indústria de plásticos, peças e acessórios; fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial não especificado anteriormente e instalação de máquinas e equipamentos industriais.

A indústria possui 65 funcionários nesta planta, considerando funcionários diretos e terceirizados e o regime de operação é em um único turno.

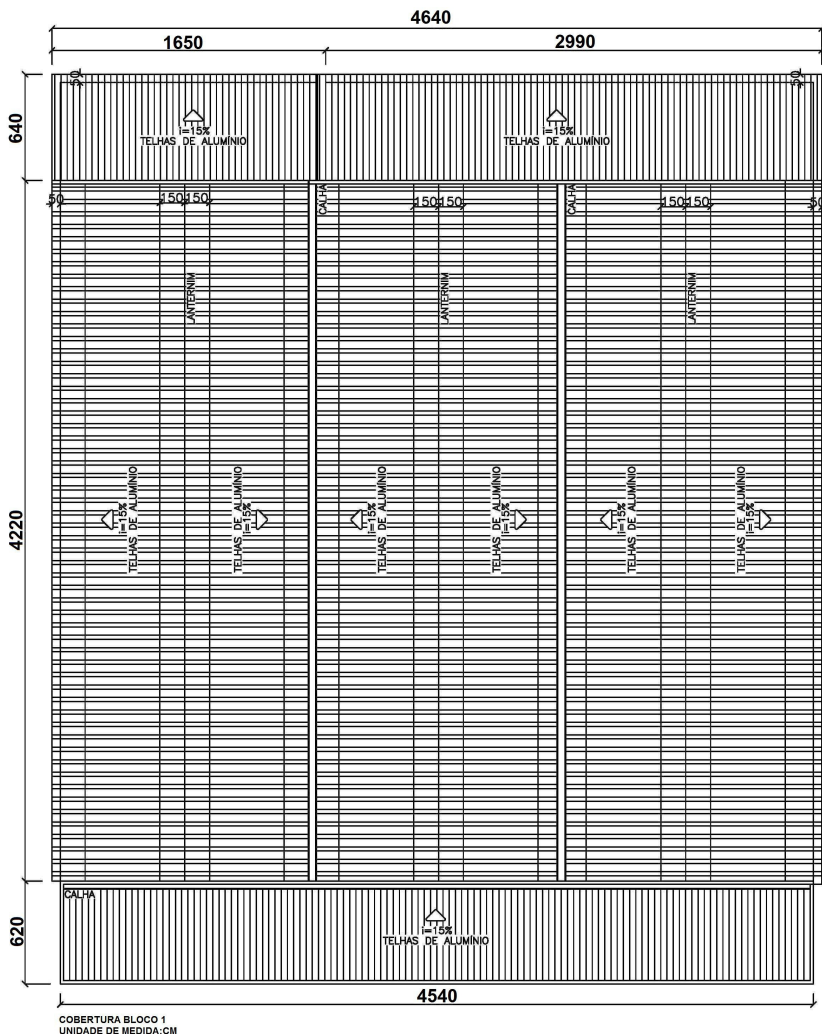
4.2 ÁREA DE COLETA

Para estimar o volume do reservatório, fez-se necessário calcular a área de captação da água de chuva.

A área de captação de água considerada nesta pesquisa foi à área do telhado dos galpões da indústria (Figuras 22 e 23). Apesar de a indústria possuir outras áreas que permitissem a captação, optou-se pelo telhado devido à qualidade da água ser melhor neste sistema de coleta se comparado ao estacionamento, por exemplo, que demandaria sistemas de tratamentos mais complexos e onerosos.

Optou-se por não contemplar as outras áreas de telhado da indústria como a guarita e o depósito de resíduos, devido à distância do galpão central, pois também oneraria o sistema em função de áreas de coleta menores.

Figura 22 – Área de captação da água de chuva



Fonte: Documentos EMH

Figura 23 – Vista aérea da área de cobertura da EMH



Fonte: Documentos EMH

4.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

A EMH é abastecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Para se obter o consumo de água potável diário foram coletadas para análise, as contas de água dos anos de 2013 e 2014. Além disso, foi disponibilizado pela indústria os calendários dos referidos anos contendo todos os dias trabalhados.

Os dados de consumo foram lançados em planilhas, obtendo-se a média de consumo diário, por mês, considerando apenas os dias trabalhados.

4.4 DEMANDAS DE ÁGUA PLUVIAL

O uso pretendido com a coleta da água de chuva será para fins sanitários, irrigação dos jardins e limpeza do piso da fábrica.

4.4.1 Cálculo da demanda diária de água para fins sanitários (m³)

Dentre os aparelhos sanitários utilizados pela indústria, tem-se bacias acopladas com teclas Dual Flush, vasos sanitários sem bacia acoplada e mictórios.

A vazão específica de cada aparelho não foi considerada neste estudo devido às incertezas relacionadas abaixo:

- quantas vezes cada botão da caixa acoplada é acionado por dia;
- se os botões da caixa acoplada são acionados corretamente;
- quantos homens fazem uso do mictório e a frequência diária.

Sendo assim, foi considerado a frequência indicada por Tomaz (2003), e a vazão máxima indicada pelo fabricante da bacia acoplada, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Demanda diária de água para fins sanitários (m³)

Pontos de consumo	Consumo	Unidades	Frequência de uso
Sanitários	6 L / descarga*	65 func.	4 vezes/ dia.func.**

* Conforme fabricante CELITE. Acesso em 03 dez. 2015.

** TOMAZ (2003)

4.4.2 Cálculo da demanda diária de água para irrigação dos jardins (m³)

A indústria possui uma grande área permeável, 2.497,54 m², no entanto a mesma não é completamente irrigada. A soma das áreas irrigadas pela indústria corresponde a 1.000,00 m².

O jardineiro contratado, realiza a irrigação dos jardins 3 vezes por semana.

De acordo com Tomaz (2003) para irrigação de jardins utiliza-se 2 litros de água por m².

4.4.3 Cálculo da demanda diária de água para limpeza dos pisos (m³)

Para limpeza do piso da fábrica a indústria utiliza uma lavadora de pisos conforme Figura 24.

Em entrevista realizada com o responsável pela limpeza da fábrica, foi informado que a água da lavadora é trocada 3 vezes ao dia para limpeza completa da fábrica.

Conforme informação disponível no site do fabricante Kaercher, o reservatório tem capacidade para 40 litros de água.

Figura 24 – Lavadora de pisos



Fonte: Kärcher. Acesso em 13 set. 2015.

4.5 PLUVIOMETRIA

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é responsável por coordenar e operar as redes de observações meteorológicas e de transmissão de dados no Brasil.

Para utilização dos dados fornecidos pelo INMET, foi necessário realizar um cadastro no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Os dados utilizados correspondem a Estação Belo Horizonte - MG (OMM: 83587)

Latitude (graus): -19.93

Longitude (graus): -43.93

Altitude (metros): 915.00

Estação Operante

Início de operação: 03/03/1910

Foram utilizados nesta pesquisa os dados pluviométricos referentes aos últimos 30 anos. Período solicitado dos dados: 01/01/1984 a 31/12/2014.

A utilização de dados oficiais dos últimos 30 anos justifica-se, pois caso fossem utilizados dados de um ano chuvoso, o reservatório ficaria superdimensionado e no caso de um ano seco, o reservatório estaria subdimensionado.

4.6 COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

As telhas que cobrem o galpão são metálicas, sendo assim, para este estudo, foi utilizado o valor especificado de 0,9 para telhas metálicas.

4.7 RESERVATÓRIO SUPERIOR

O volume do reservatório superior é um dos dados de entrada do programa Netuno. Caso o consumo de água seja realizado diretamente do reservatório inferior, basta selecionar a opção “Não utilizar reservatório superior”.

No caso deste estudo, para determinar o volume do reservatório superior, foi considerada a demanda diária de água não potável. O volume do reservatório superior deverá ser maior ou igual à demanda diária.

4.8 RESERVATÓRIO INFERIOR

Para determinar o volume ideal do reservatório inferior foram avaliados os cálculos realizados pelo programa Netuno.

O Netuno permite a entrada de dados de duas formas distintas:

- Reservatório com volume definido pelo usuário, através da opção “Simulação para reservatório com volume conhecido”;
- O programa retornará os seguintes resultados:
- Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial;
 - Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é atendida completamente;
 - Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é atendida parcialmente;
 - Percentual de dias em que a demanda de água pluvial não é atendida.
- Reservatório não definido ou definido pelo Netuno, através da opção “Simulação para reservatórios com diversos volumes”.

Neste caso deve-se definir o “Volume máximo (litros)” para o reservatório e um “Intervalo entre volumes (litros)”.

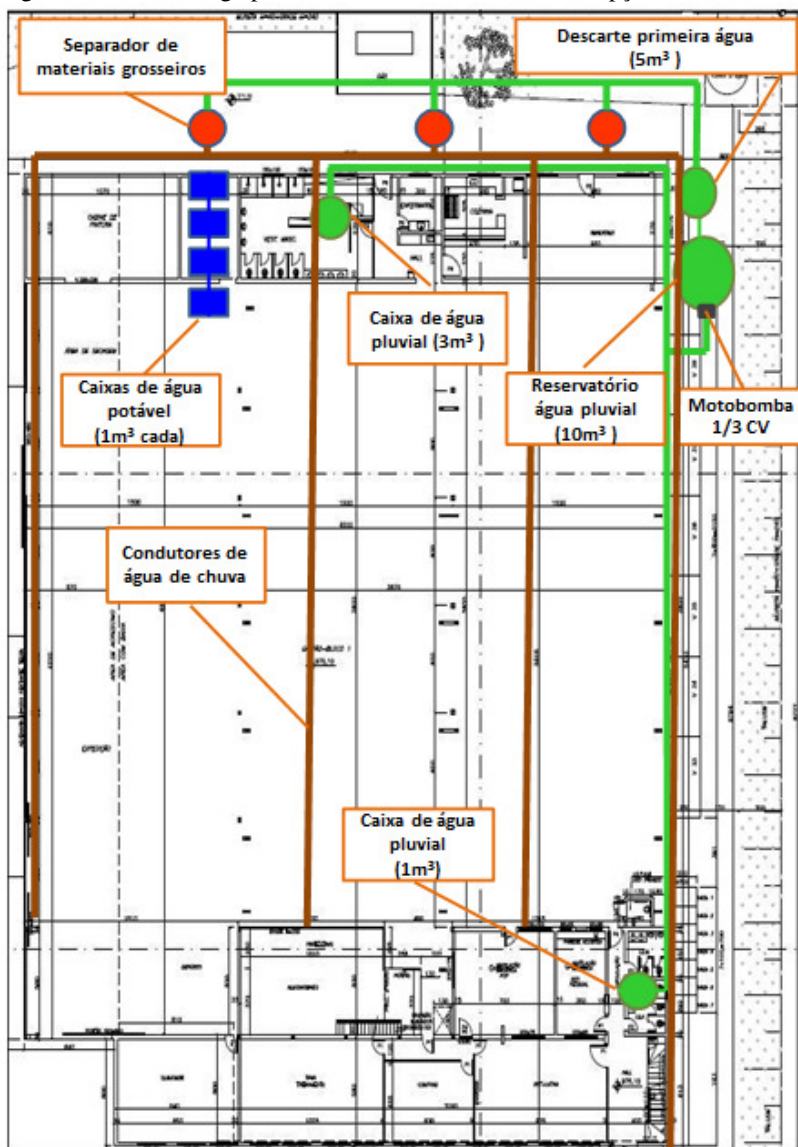
O resultado da simulação será um gráfico de potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial em função dos diversos volumes do reservatório inferior.

Neste estudo foi escolhida a opção “Simulação para reservatórios com diversos volumes”.

4.9 CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva é apresentada na Figura 25 que corresponde à planta do galpão da indústria EMH.

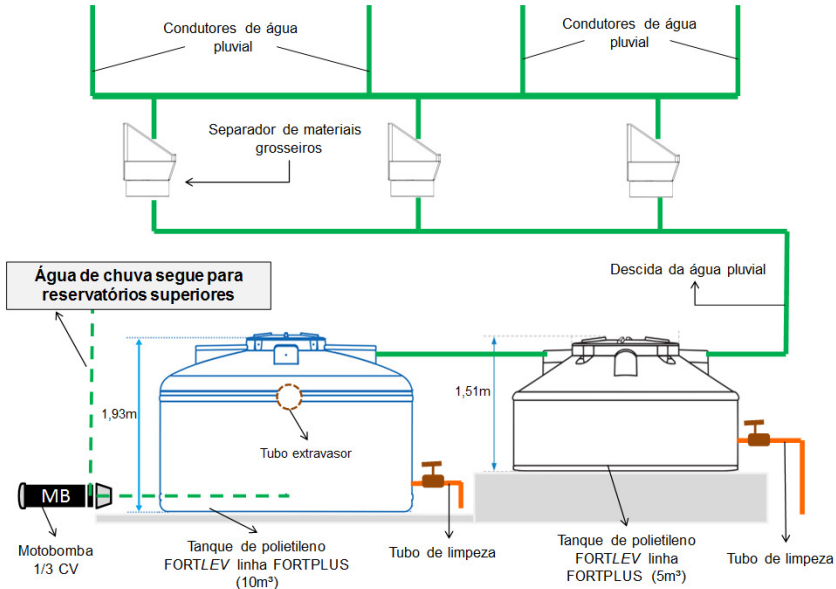
Figura 25 - Planta do galpão da indústria EMH com a concepção do sistema



Fonte: Adaptado do Documento fornecido pela EMH

A Figura 26 detalha o sistema considerando a água que vem dos condutores, passa pelos filtros, segue em direção ao reservatório de descarte e posteriormente segue para o reservatório de armazenamento.

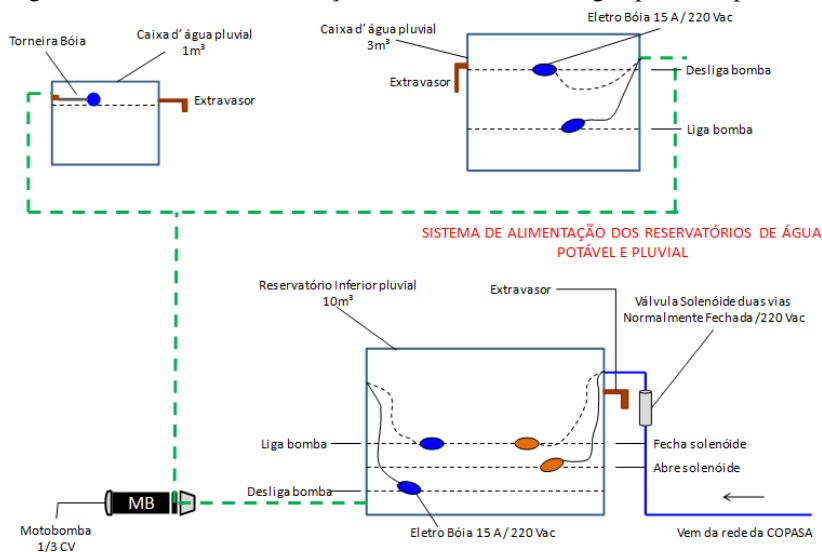
Figura 26 - Detalhamento do sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: O autor

O sistema de alimentação dos reservatórios superiores e de abastecimento do reservatório inferior com água potável, em caso de estiagens prolongadas, pode ser verificado na Figura 27.

Figura 27 - Sistema de alimentação dos reservatórios de água potável e pluvial



Fonte: O autor

4.10 ANÁLISE ECONÔMICA

Após a definição dos reservatórios e o cálculo do potencial de economia de água potável, foram verificados os custos para implantação e operação do sistema. Sendo assim, foi feito o levantamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva e posteriormente o orçamento com empresas deste segmento.

O programa Netuno permite verificar a viabilidade financeira do sistema, através do botão “Análise Econômica”.

Através dos custos de construção e manutenção, e das economias de água, foi possível criar um fluxo de caixa. Com o fluxo de caixa, o Netuno estimou o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno.

Conforme definido pelo Netuno para uma análise de fluxo de caixa são necessários, além dos custos e economias, as seguintes variáveis:

- Período de análise: número de anos para realizar a análise econômica;
- Inflação: estimativa mensal da inflação;

- Período de reajuste dos custos de manutenção e das tarifas de água e energia;
- Taxa mínima de atratividade: em base mensal;
- Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais.

Estas variáveis foram definidas a seguir.

4.10.1 Tarifas de água e esgoto para consumidores industriais

No site da COPASA (Concessionária de abastecimento que atende a região metropolitana de Belo Horizonte) é divulgado o valor das tarifas de água e esgoto de acordo com a classe de consumo dos usuários. Estas tarifas foram definidas pela Resolução ARSAE-MG 64/2015 - Reajuste Tarifário da COPASA MG de 10 de abril de 2015 (Anexo B).

Na Tabela 8 constam as tarifas de água e esgoto da Classe Industrial.

Tabela 8 - Tarifas de água e esgoto da Classe Industrial

Classe de Consumo	Intervalo de Consumo (m ³)	Tarifa		
		Água	Esgoto	
Industrial	0-6	27,37	24,64	R\$/mês
	6-10	4,562	4,107	R\$/m ³
	10-20	7,992	7,193	R\$/m ³
	20-40	8,017	7,215	R\$/m ³
	40-100	8,095	7,285	R\$/m ³
	100-600	8,316	7,484	R\$/m ³
	> 600	8,405	7,564	R\$/m ³

Fonte: RESOLUÇÃO ARSAE-MG 64/ 2015.

O percentual máximo cobrado pelo serviço de esgoto é de 90% do valor pago pelo consumo de água. Isto quer dizer que o percentual máximo pago pelo serviço de esgoto é de 47,37% do valor total da conta de água e esgoto.

O período de reajuste das tarifas de água e energia é de 12 meses.

4.10.2 Período de análise dos investimentos

Para determinação do tempo de análise dos investimentos foi considerado o prazo de vida útil e a taxa de depreciação dos bens.

Lage (2010) salienta em seu estudo que não há uma classificação contábil específica para este tipo de investimento, portanto foi estimado o tempo de vida útil como sendo o tempo médio entre a vida útil de instalações e máquinas e equipamentos.

Neste estudo, será utilizada a mesma metodologia utilizada por Lage para determinação da vida útil do investimento.

A Tabela 9 apresenta as taxas de depreciação aplicáveis aos bens.

Tabela 9 - Taxas de depreciação dos bens

Bens	Taxa anual de depreciação	Prazo de vida útil (anos)
Máquinas e Equipamentos	10%	10
Instalações	10%	10

Fonte: INSTRUÇÃO NORMATIVA SRF N° 162, 1998.

4.10.3 Taxa mínima de atratividade (TMA)

A Taxa mínima de atratividade (TMA) é uma taxa de juros, que ao se fazer um investimento o investidor espera um retorno pelo menos igual a essa taxa. A TMA é única para cada investidor e não existe fórmula matemática para calculá-la, pois ela pode variar com o tempo.

Como o objetivo deste investimento é substituir demandas não potáveis por água pluvial com caráter ambiental e não lucrativo, a taxa definida foi baseada na média do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) dos últimos 5 anos, visando cobrir os custos do investimento corrigidos pela inflação.

A Tabela 10 apresenta os índices do IPCA e média a ser considerada como a TMA.

Tabela 10 – Índices do IPCA de 2010 a 2014

Ano	Inflação (IPCA % a.a.)	Média Mensal
2010	5,91	0,49
2011	6,5	0,54
2012	5,84	0,49
2013	5,91	0,49
2014	6,41	0,53
Média mensal 5 anos (TMA)		0,51

Fonte: BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015.

4.10.4 Tratamento da água pluvial

A qualidade da água para as demandas definidas neste estudo deverá atender aos padrões estabelecidos pela ABNT NBR 15527:2007.

Para desinfecção da água será utilizado hipoclorito de cálcio em pastilhas em um clorador de passagem.

O cálculo do consumo mensal de hipoclorito de cálcio em pastilhas foi realizado dividindo o volume médio mensal de água recalçada pelo volume de água que uma pastilha consegue desinfetar. De acordo com o manual do fabricante, uma pastilha de 200g desinfeta 10.000 litros de água, atendendo o padrão definido pela ABNT NBR 15527:2007 (0,5 a 3,0 mg/L).

4.11 LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA QUANTO AO SEU SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Para levantar os benefícios do aproveitamento de água de chuva foi analisada a relação dos clientes da indústria com o SGA através de uma entrevista com o responsável pelo sistema de gestão da mesma.

Solicitou-se a Política de Gestão Integrada da EMH a fim de analisar a relação da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva com os princípios definidos na mesma.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área selecionada para a captação de água pluvial foi o telhado dos galpões da indústria. O cálculo da área corresponde a 2.536,52 m².

O telhado é constituído de telhas metálicas, favorecendo a qualidade da água que será captada, visto que a mesma não possui a aspereza e porosidade das telhas cerâmicas que favorecem a fixação de substratos e proliferação de micro-organismos.

5.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

Para avaliação do consumo diário de água potável, os dados referentes ao consumo nos anos de 2013 e 2014 foram lançados em planilhas e correlacionados com os dias trabalhados em cada mês deste período (informação obtida através dos calendários oficiais disponibilizados pela indústria).

Obteve-se o consumo diário para cada mês do ano e a média de consumo diário dos anos de 2013 e 2014, conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo do consumo diário de água nos anos 2013 e 2014

2013 Consumo de Água em m ³				2014 Consumo de Água em m ³			
MÊS	CONSUMO	DIAS ÚTEIS	CONSUMO DIÁRIO	MÊS	CONSUMO	DIAS ÚTEIS	CONSUMO DIÁRIO
Jan	70,0	22	3,18	Jan	83,0	22	3,77
Fev	70,0	17	4,12	Fev	67,0	20	3,35
Mar	98,0	20	4,90	Mar	88,0	18	4,89
Abr	113,0	22	5,14	Abr	92,0	20	4,60
Mai	100,0	20	5,00	Mai	66,0	20	3,30
Jun	88,0	20	4,40	Jun	86,0	19	4,53
Jul	100,0	23	4,35	Jul	94,0	23	4,09
Ago	87,0	20	4,35	Ago	73,0	20	3,65
Set	121,0	21	5,76	Set	90,0	22	4,09
Out	101,0	23	4,39	Out	105,0	23	4,57
Nov	98,0	20	4,90	Nov	83,0	20	4,15
Dez	88,0	21	4,19	Dez	91,0	20	4,55
MÉDIA 2013		4,56 m³		MÉDIA		4,13 m³	

Fonte: O autor

Para dimensionar o sistema de aproveitamento de água de chuva utilizou-se a média de consumo dos anos de 2013 e 2014, ou seja, 4,34 m³/dia.

5.3 PLUVIOMETRIA

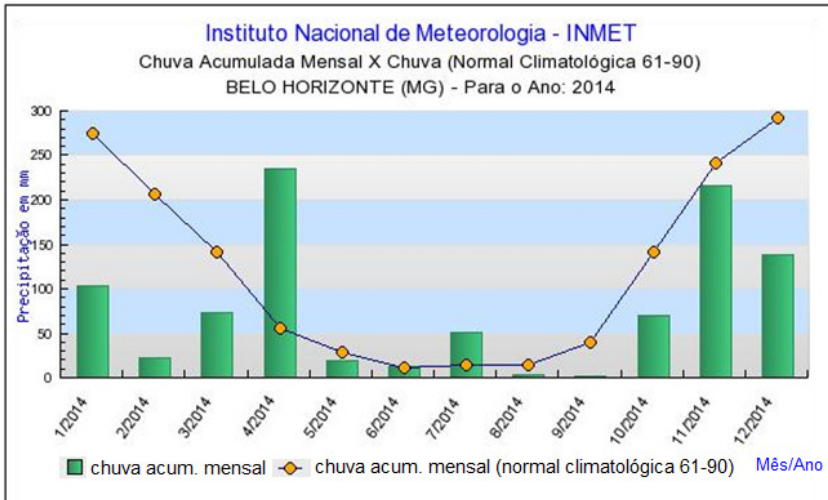
Foram obtidos dados diários de precipitação da estação meteorológica de Belo Horizonte/ MG através do BDMEP correspondentes ao período de 01/01/1984 a 31/12/2014.

Os dados foram tratados e passados para o formato CSV (Valores Separados por Vírgulas) para que pudessem ser importados para o programa Netuno.

A Figura 28 apresenta o gráfico disponível no site do INMET que consta a média de precipitação de chuva acumulada mensal em um período de 30 anos no município Belo Horizonte/ MG.

Observa-se que Belo Horizonte possui aproximadamente 4 meses de estiagem.

Figura 28 - Chuva Acumulada Mensal 2014 X Chuva (Normal Climatológica 61-90)



Fonte: INMET (2015)

5.4 COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Utilizou-se neste estudo o coeficiente de aproveitamento de água pluvial igual a 0,90 conforme apresentado no item 4.6.

5.5 PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

5.5.1 Demanda diária de água para fins sanitários (m³)

Conforme Tabela 12 a demanda diária de água para uso sanitário é 1,56m³.

Tabela 12 - Demanda diária de água (m³) para uso sanitário

Pontos de consumo	Consumo	Unidades	Frequência de uso	Demanda diária (m ³)
Sanitários	6 L / descarga*	65 func.	4 vezes/ dia. funcionário**	1,56

* Conforme fabricante CELITE. Acesso em 03 dez. 2015.

** TOMAZ (2003)

Fonte: O autor

5.5.2 Demanda diária de água para irrigação dos jardins (m³)

A demanda diária de água para irrigação dos jardins é 0,857 m³ conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Demanda diária de água (m³) para irrigação dos jardins

Pontos de consumo	Consumo	Unidades	Frequência de uso	Demanda diária (m ³)
Irrigação	2 L/ m ² dia *	1.000,0 m ²	3 vez/ semana**	0,857

* TOMAZ (2003)

** Informado pela Indústria

Fonte: O autor

5.5.3 Demanda diária de água para limpeza dos pisos (m³)

Cálculo do consumo de água para limpeza dos pisos:

$$0,040 \text{ m}^3 \times 3 \text{ vezes} = 0,120 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

O consumo diário de água não potável corresponde à soma dos usos citados a seguir:

- Demanda diária de água para uso sanitário (m^3) = 1,560
- Demanda diária de água para irrigação dos jardins (m^3) = 0,857
- Demanda diária de água para limpeza dos pisos (m^3) = 0,120

Soma das demandas: $1,560 + 0,857 + 0,120 = 2,537 m^3/ dia$

Conforme citado no item 5.2, a indústria consome $4,34 m^3/dia$ de água potável. Substituindo a demanda de $2,537 m^3$ por água pluvial, tem-se um percentual de redução de $58,46 \%$ do consumo de água potável.

5.6 DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA NETUNO

Conforme a Figura 29, foram lançados os dados de precipitação dos últimos 30 anos obtidos da Estação Meteorológica de Belo Horizonte do INMET. Foram 10.210 registros, sendo o primeiro deles em 01/01/1984.

O descarte da primeira água foi de 2mm.

Figura 29 – Dados de entrada no programa Netuno

Netuno 4

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Reservatório superior

Carregar dados de precipitação	Dados 1984.2014.
Número de registros	10210
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/1984
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Reservatório inferior

Simulação para reservatório com volume conhecido

Simulação para reservatórios com diversos volumes

Intervalo da simulação

Volume máximo (litros)

50000

Intervalo entre volumes (litros)

5000

Indicar volume ideal para o reservatório inferior

Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m³)

5

Simular

Salvar simulação atual

Limpar campos

Análise Econômica

Carregar dados de precipitação

Dados 1984.2014.

Número de registros

10210

Data inicial (dd/MM/yyyy)

01/01/1984

Descarte escoamento inicial (mm)

2

Área de captação (m²)

2536,52

Demanda total de água (litros per capita/dia)

4340

Variável...

Número de moradores

1

Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial

Outro valor

58,46

Coeficiente de escoamento superficial

0,9 (90% de aproveitamento)

Observações

Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Fonte: O autor

5.7 RESERVATÓRIO SUPERIOR

Foi considerado na simulação um reservatório superior de 4.000,00 litros para atender o consumo diário de água pluvial conforme Figura 30.

Figura 30 - Dados para simulação do reservatório superior

Reservatório superior

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária média de água pluvial
 Entrar com volume desejado
 Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)

4000

Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)
 2000

Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque
 50

Concluir

Fonte: O autor

5.8 RESERVATÓRIO INFERIOR

Foi selecionada no programa a opção de simulação para reservatórios de diversos volumes. O volume máximo estabelecido foi de 50m^3 e o intervalo entre volumes 5m^3 , portanto foram feitas simulações para reservatórios com volumes de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50m^3 .

Para a determinação do volume ideal do reservatório foi selecionada a opção “Indicar volume ideal para o reservatório inferior” e considerada a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de $5\%/m^3$, conforme Figura 31.

Figura 31 - Dados para simulação do reservatório inferior

Intervalo da simulação

Volume máximo (litros)
50000

Intervalo entre volumes (litros)
5000

Indicar volume ideal para o reservatório inferior

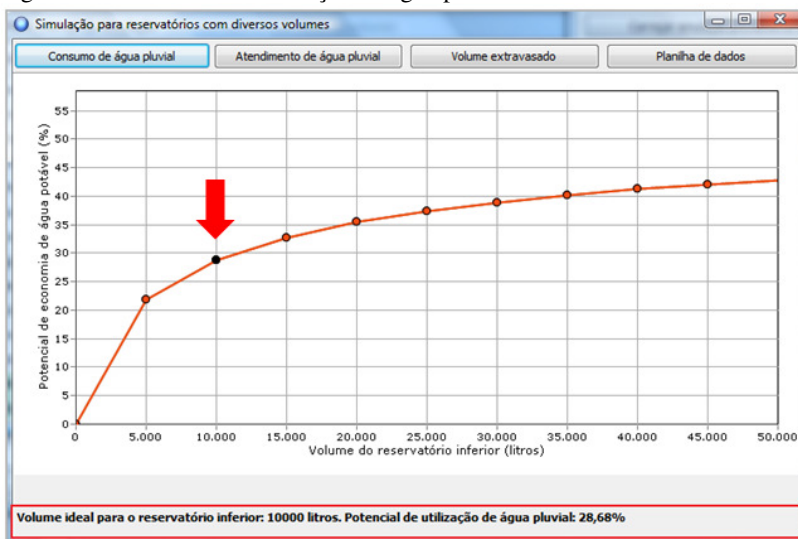
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m³)
5

Fonte: O autor

5.9 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PROGRAMA NETUNO

Após o lançamento de todos os dados, o programa faz a simulação para determinação do volume ideal para o reservatório inferior considerando o potencial de utilização de água pluvial conforme Figura 32:

Figura 32 – Potencial de utilização de água pluvial



Fonte: O autor

Conforme verificado no item 5.5 a indústria tem potencial para substituir 58,46 % do consumo de água potável. No entanto, de acordo com a simulação apresentada na Tabela 14, o potencial de utilização de água pluvial para o reservatório de 10.000 litros é de 28,68%.

Este resultado, em grande parte, deve-se a característica pluviométrica de Belo Horizonte/ MG. Apesar de a cidade possuir um índice pluviométrico anual considerável, a distribuição das precipitações ao longo do ano é desigual, apresentando períodos de estiagem duradouros (cerca de 4 meses). O baixo potencial obtido nestes meses influencia na média do potencial de consumo anual.

Outro fato a ser considerado é a área de captação de 2.536,52 m². Com uma área de captação maior, o potencial de utilização seria influenciado positivamente.

A demanda de água pluvial é atendida em 46,15% dos dias, atendida parcialmente em 4,72% e não atendida em 49,13% dos dias.

Desta forma, avaliando o período de um ano, em cerca de 168 dias a economia diária de água potável será de aproximadamente 51%.

Tabela 14 - Potencial de utilização de água pluvial para reservatórios com volumes entre 0 e 50.000 litros

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é parcialmente atendida (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
0	0	0	4.340,00	0	0	100	0
5.000,00	21,79	945,75	3.394,25	30,53	8,21	61,26	7,46
10.000,00	28,68	1.244,65	3.095,35	46,15	4,72	49,13	2,36
15.000,00	32,65	1.416,89	2.923,11	53,76	3,51	42,73	1,36
20.000,00	35,43	1.537,64	2.802,36	59,02	2,69	38,29	0,95
25.000,00	37,42	1.624,01	2.715,99	62,78	2,12	35,1	0,68
30.000,00	38,91	1.688,86	2.651,14	65,48	1,79	32,73	0,51
35.000,00	40,15	1.742,70	2.597,30	67,74	1,62	30,65	0,42
40.000,00	41,23	1.789,32	2.550,68	69,61	1,5	28,89	0,37
45.000,00	42,09	1.826,70	2.513,30	71,2	1,33	27,46	0,29
50.000,00	42,8	1.857,36	2.482,64	72,56	1,18	26,27	0,24

Fonte: O autor

A Tabela 15 mostra o potencial de utilização de água de chuva por mês.

De acordo com Reis e Simões (2007) *apud* Parizzi et.al (2010) o período chuvoso na Região Metropolitana de Belo Horizonte, historicamente, começa em outubro e termina em abril.

Em relação ao entendimento dinâmico das chuvas, vários autores (Abreu, 1998; Lucas & Abreu, 2004; Lucas, 2007; Moreira, 2002) afirmam que 88% do total anual de precipitação climatológico em Belo Horizonte (1491 mm) concentra-se nos meses de outubro a março, ficando os 12% restantes distribuídos entre abril e setembro. (PARIZZI et al., 2010)

O exposto acima justifica o fato dos meses de Novembro e Dezembro apresentarem o maior potencial de economia, acima de 50%.

O menor potencial de utilização foi observado nos meses de junho e julho (período de estiagem em Belo Horizonte), sendo abaixo de 6%. Nestes meses a indústria dependerá da utilização de água potável fornecida pela concessionária para suprir as demandas.

Tabela 15: Resultado mensal da simulação para reservatório de 10m³

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Valor consumido de água pluvial (litros)	Valor consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	41,18	1.787,25	2.552,75	15.208,44	68,09	4,61	27,3	1,45
Fevereiro	41,56	1.803,78	2.536,22	13.572,76	68,27	5,44	26,3	1,43
Março	36,49	1.583,68	2.756,32	8.820,12	58,06	7,72	34,22	1,18
Abril	22,41	972,81	3.367,19	2.387,64	33,93	6,67	59,4	0,68
Mai	13,19	572,36	3.667,64	964,07	19,59	4,26	76,15	0,39
Junho	5,33	231,24	4.108,76	301,26	7,86	1,9	90,24	0,15
Julho	4,93	214,00	4.126,00	401,67	7,03	1,96	91,01	0,14
Agosto	10,31	447,25	3.892,75	1.086,46	15,67	3,11	81,22	0,31
Setembro	26,13	1.134,11	3.205,89	4.918,59	40,71	5,6	53,69	0,83
Outubro	41,7	1.809,91	2.530,09	9.674,95	67,97	5,76	26,27	1,42
Novembro	51,39	2.230,27	2.109,73	19.690,05	85,24	4,52	10,24	1,83
Dezembro	50,46	2.190,06	2.149,94	25.276,79	83,55	5,17	11,28	1,78
Média	28,68	1.244,65	3.095,35	8.502,39	46,15	4,72	49,13	0,96

Fonte: O autor

5.10 VIABILIDADE DO SISTEMA

5.10.1 Aspectos Econômicos

Após calcular o potencial de economia de água potável, faz-se necessário analisar a viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Esta análise consiste em analisar os custos de implantação e operação do sistema (custos com materiais e equipamentos, energia elétrica, mão de obra).

5.10.1.1 Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva

Reservatório Inferior

Conforme resultado obtido pelo programa Netuno, o volume do reservatório inferior é de 10m³.

Dentre vários modelos analisados, optou-se pelo Tanque Fortplus da FortLev, conforme Figura 33.

Figura 33 – Tanque Fortplus 10m³



Fonte: FORTLEV. Acesso em 03 dez. 2015.

A escolha deste modelo de reservatório foi devido à facilidade na instalação, inspeção e manutenção, as pequenas dimensões do mesmo e principalmente ao baixo custo, quando comparado com outros modelos.

Reservatório Superior

Para o volume de 4.000 litros definido no programa Netuno, serão utilizadas 2 caixas d' água de Polietileno, sendo uma de 1.000 litros para abastecimento do escritório, na frente da indústria, e a outra de 3.000 litros que será utilizada nos fundos da edificação. O modelo da caixa é apresentado na Figura 34.

Figura 34 - Caixa d' água de Polietileno



Fonte: FORTLEV. Acesso em 03 dez. 2015.

A indústria possui espaço suficiente para alocação dos reservatórios.

Descarte da primeira água de chuva

O descarte da primeira água de chuva será realizado considerando um reservatório de acumulação de 5.000 litros antes do reservatório inferior, conforme Figura 35.

Este volume corresponde a 2mm de chuva considerando a área de captação.

Figura 35 - Tanque Fortplus 5m³ para descarte da primeira água



Fonte: FORTLEV. Acesso em 03 dez. 2015.

Motobomba

Para recalcar a água do reservatório inferior para o reservatório superior, foi escolhida a Motobomba SCHNEIDER Mono BC-98 1/3cv - 220v conforme Figura 36.

Primeiramente, realizou-se o cálculo da perda de carga através da fórmula:

$$-PC = CT \times FPC (\%) \quad \text{onde:}$$

PC: Perda de carga
 CT: Comprimento da tubulação
 FPC: Fator de perda de carga (%)

Posteriormente, foi calculada a altura manométrica total (AMT) através da fórmula abaixo:

$$- AMT = (AS + AR + PC) + 5\% \quad \text{onde:}$$

AMT: Altura Manométrica Total
 AS: Altura de Sucção
 AR: Altura de recalque
 PC: Perda de carga

O resultado obtido através das fórmulas acima foi de 11 m.c.a e 2m³/h. A seleção da motobomba foi realizada conforme Tabela do fabricante (Anexo A).

Figura 36 - Motobomba para recalque da água



Fonte: SCHNEIDER. Acesso em 10 jan. 2016.

Separador de materiais grosseiros

Para realizar a retenção dos materiais grosseiros (folhas, galhos, detritos) será fabricado pela EMH um separador de materiais grosseiros conforme modelo da Figura 37. O mesmo será instalado nos condutores verticais de modo a reter os sólidos e impedir a entrada dos mesmos no reservatório.

Figura 37 – Separador de materiais grosseiros



Fonte: HARVESTING. Acesso em 22 abr. 2016.

Realimentação do sistema em caso de estiagens prolongadas

Em caso de estiagens prolongadas ou consumo acima da capacidade de captação, o sistema fará de forma automática o abastecimento de reservatório inferior com água da rede pública.

Uma válvula solenóide, comandada por uma bóia de nível (Figura 38), permitirá a entrada da água da rede para garantir o abastecimento do sistema.

Figura 38 - Válvula solenoide e bóia de nível



Fonte: ECOhabitat. Acesso em 10 dez. 2015.

Dosador de cloro

Antes de ser utilizada, a água deve ser desinfetada, além de garantir um mínimo necessário de Cloro Residual Livre (CRL). Neste estudo utilizou-se um clorador de passagem para esta finalidade, conforme Figura 39. O modelo escolhido é para uma vazão de até $7\text{m}^3/\text{h}$.

A grande vantagem é que o clorador não necessita de energia elétrica e utiliza o próprio fluxo da água para dosagem do cloro.

Para desinfecção da água foi utilizado hipoclorito de cálcio em pastilhas de 200 g.

Conforme consulta de preços realizada em Belo Horizonte/ MG, o quilo do hipoclorito de cálcio é de R\$ 33,90.

O cálculo do consumo de hipoclorito de cálcio foi realizado conforme descrito no item 4.10.4, sendo necessário cerca de 10 kg do produto por ano para realizar a desinfecção da água.

Figura 39 – Dosador de cloro



Fonte: HIDRAULIS. Acesso em 10 jan. 2016.

5.10.1.2 Investimentos na montagem do sistema de aproveitamento de água de chuva

Os valores dos materiais, equipamentos e mão de obra necessários foram estimados em orçamentos com empresas do segmento e considerado o menor valor obtido para cada item, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Custos iniciais para montagem do sistema

Itens de investimento	Valor (R\$)
Reservatório inferior	R\$ 3.819,00
Reservatório superior 1m ³	R\$ 298,00
Reservatório superior 3m ³	R\$ 1.020,00
Reservatório para descarte da primeira água (5m ³)	R\$ 1.999,00
Mão-de-obra	R\$ 12.000,00
Motobomba	R\$ 319,00
Tubulações, válvulas, conexões	R\$ 2.000,00
Separador de materiais grosseiros	R\$ 2.500,00
Válvula solenoide e bóia de nível	R\$ 465,00
Dosador de cloro	R\$ 368,00
Total	R\$ 24.788,00

Fonte: O autor

5.10.1.3 Análise econômica no Netuno

As tarifas de cobrança de água potável são utilizadas pelo Netuno para o cálculo da economia financeira mensal ao se utilizar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Considerando o consumo de água pluvial obtido pelo Netuno, foi realizada uma comparação do valor da conta obtido com o aproveitamento da água de chuva no site da COPASA através de uma simulação de consumo com a matrícula da EMH.

Verificou-se que a diferença entre os valores apurados pelo programa Netuno e pelo site da COPASA foi de 0,17%. Esta diferença é explicada pelo fato da simulação no programa Netuno apresentar resultados mais precisos, pois calcula o valor da conta baseado no consumo de água em litros (considerando as casas decimais), sendo que no site da COPASA a simulação é realizada em m³ em número absoluto.

Esta análise mostra a confiabilidade dos resultados obtidos pelo programa.

A Tabela 17 apresenta a economia financeira proporcionada pelo aproveitamento de água pluvial e a simulação realizada no site da COPASA.

Tabela 17: Economia financeira proporcionada pelo aproveitamento de água pluvial

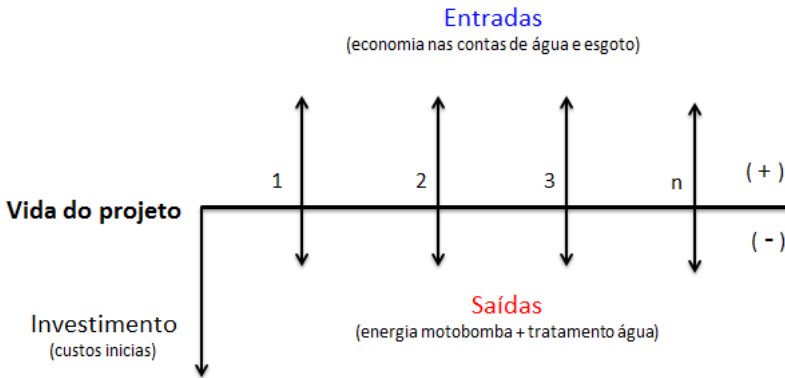
Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta apurado no Site da COPASA	Economia mensal (R\$)
Jan	134.540,00	55.404,81	79.135,19	55.529,20	2.011,74	1.145,09	1.142,97	866,65	
Fev	121.520,00	50.505,89	71.014,11	50.602,63	1.806,02	1.020,18	1.019,93	785,84	
Mar	134.540,00	49.094,10	85.445,90	48.179,05	2.011,74	1.242,15	1.235,25	769,59	
Abr	130.200,00	29.184,25	101.015,75	28.321,44	1.943,17	1.482,05	1.481,75	461,12	
Mai	134.540,00	17.743,25	116.796,75	17.762,43	2.011,74	1.731,39	1.734,55	280,35	
Jun	130.200,00	6.937,12	123.262,88	6.814,60	1.943,17	1.833,56	1.829,35	109,61	
Jul	134.540,00	6.634,11	127.905,89	6.718,26	2.011,74	1.906,92	1.908,35	104,82	
Ago	134.540,00	13.864,70	120.675,30	13.971,75	2.011,74	1.792,68	1.797,75	219,06	
Set	130.200,00	34.023,23	96.176,77	35.121,56	1.943,17	1.407,20	1.404,44	535,97	
Out	134.540,00	56.107,14	78.432,86	56.582,73	2.011,74	1.134,28	1.127,60	877,46	
Nov	130.200,00	66.908,12	63.291,88	67.404,26	1.943,17	901,41	896,89	1.041,76	
Dez	134.540,00	67.891,85	66.648,15	67.271,64	2.011,74	953,03	943,04	1.058,71	
Total anual	1.584.100,00	454.298,57	1.129.801,43	454.285,55	R\$ 23.660,88	R\$ 16.549,94	R\$ 16.521,87	R\$ 7.110,94	

Fonte: O autor

A economia financeira anual obtida com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva é de R\$ 7.110,94.

Considerou-se como investimento os custos mencionados no item 5.10.1.2, as saídas foram o custo com energia elétrica para bombear a água coletada para os reservatórios superiores e o tratamento da água pluvial. A entrada foi o valor economizado nas contas de água e esgoto devido ao uso da água pluvial, conforme Figura 40.

Figura 40 - Fluxo de Caixa do projeto



Onde, n: tempo em meses.

Fonte: O autor

Após o lançamento dos custos para implantação e manutenção do sistema, o Netuno estimou o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno conforme Figura 41:

Figura 41 - Resultado da Análise Econômica

The screenshot shows a software window titled 'Análise Econômica'. It contains several input fields and buttons. At the top, it displays 'Volume do reservatório inferior: 10000 litros' with a 'Modificar volume' button. Below this are buttons for 'Definir tarifas de água e esgoto' and 'Estimativas de consumo de água'. The 'Inflação (% ao mês)' field is set to '0,51'. The 'Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)' field is set to '12'. The 'Período de análise (anos)' field is set to '10' and the 'Taxa mínima de atratividade (% ao mês)' field is set to '0,51'. A dropdown menu for 'Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais' is set to 'Jan'. There are two expandable sections: 'Custos iniciais' containing 'Reservatórios / Tubulações / Mão de obra' and 'Custos operacionais' containing 'Motobomba' and 'Manutenção / Tratamento de água / Outros'. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Economia e custos mensais' buttons. The results section shows: 'Valor presente líquido: R\$ 39353,21', 'Tempo de retorno do investimento: 47 meses', and 'Taxa interna de retorno: 2,45% ao mês'. A 'Limpar análise econômica' button is located at the bottom right.

Fonte: O autor

O tempo de retorno do investimento foi de 47 meses, sendo assim o mesmo foi inferior à vida útil estimada para os equipamentos (10 anos), sendo possível obter o retorno do investimento.

A taxa interna de retorno ao mês foi de 2,45%, maior que a TMA considerada para o projeto (0,51%), mostrando a viabilidade do mesmo.

O valor presente líquido obtido foi de R\$ 39.353,21.

Os custos e economias mensais constam no Apêndice A.

5.10.2 Aspectos Ambientais

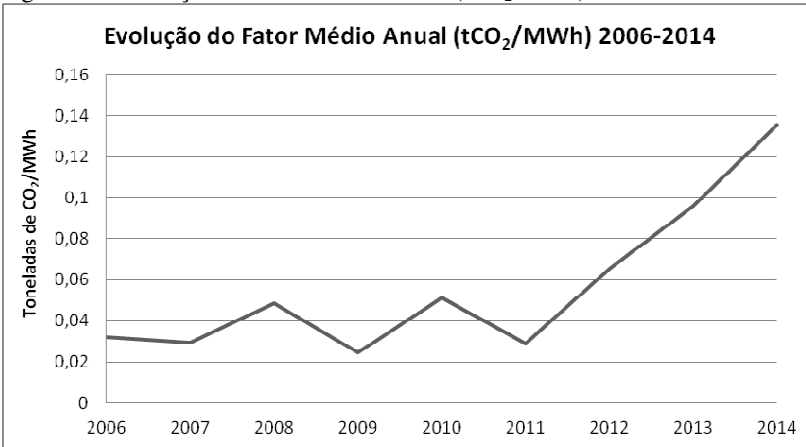
A despesa com energia elétrica tem grande impacto na despesa de exploração das prestadoras regionais. A participação desta nos custos de

exploração da COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais, em 2011, foi de 12,63%.

As despesas com energia elétrica no Sistema de Abastecimento de Água ocorrem pela utilização de equipamentos eletromecânicos na operação das unidades, em prédios administrativos e na iluminação de áreas internas e externas.

A geração de energia elétrica ocasiona vários impactos no meio ambiente como, no caso de usinas hidrelétricas, a inundação de grandes áreas utilizadas para o represamento de águas, danos à fauna e flora e emissões de gases do efeito estufa. A Figura 42 mostra a evolução dos fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica, no período de 2006 a 2014.

Figura 42 - Evolução do Fator Médio Anual (tCO₂/MWh) 2006-2014



Fonte: Elaborado pelo autor, dados do MCTI (2015).

Além do aumento das emissões (tCO₂/MWh) observado na Figura 46, tem-se o aumento da demanda de eletricidade.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) divulgou em 2015 o estudo da Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024).

A Figura 43 demonstra o aumento da demanda de energia elétrica para os próximos anos.

Figura 43 - Projeção do consumo total de eletricidade (incluindo a autoprodução)

Ano	Consumo (TWh)	PIB (10 ⁹ R\$ 2010)	Intensidade (kWh/R\$ 2010)
2014	525	4.019	0,131
2019	650	4.653	0,140
2024	786	5.688	0,138
Período	Consumo (Δ% a.a.)	PIB (Δ% a.a.)	Elasticidade
2014-2019	4,4	3,0	1,46
2019-2024	3,9	4,1	0,95
2014-2024	4,1	3,5	1,17

Notas: (i) O consumo de energia elétrica inclui autoprodução; (ii) Para 2014, consideradas estimativas preliminares do PIB e do consumo de energia elétrica.

Fonte: EPE, 2015

Diante dos fatos expostos acima, a promoção de alternativas que visem reduzir a demanda por eletricidade será fundamental para sustentabilidade do país.

5.10.2.1 Aspectos ambientais relacionados à substituição de água potável por água pluvial

Por trás da utilização de água potável vários aspectos ambientais podem ser relacionados, como o uso de energia elétrica na captação, tratamento e distribuição da mesma, recursos para tratamento da água (produtos químicos), recursos de pessoal entre outros.

Sendo assim, ao substituir as demandas não potáveis por água pluvial alguns benefícios ambientais podem ser verificados, como a economia de energia e consequentemente a redução dos impactos que ela ocasiona.

Com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, deixou-se de utilizar 454.298,57 litros de água potável por ano.

O Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058) é de 0,76 kWh/m³ no município de Belo Horizonte/ MG, cujo abastecimento é feito pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. (SNIS, 2014).

Realizando o cálculo de consumo de energia elétrica para 454,30m³ (economia anual obtida pela EMH), temos:

$$\begin{array}{l}
 1\text{m}^3\text{-----} 0,76\text{kWh} \\
 454,30 \text{ m}^3 \text{ -----} 345,27 \text{ kWh}
 \end{array}$$

Deixou-se de utilizar 345,27 kWh de energia em um ano devido à substituição de água potável por água de chuva.

No entanto, é necessário considerar o consumo de energia elétrica utilizado pela motobomba para recalcar a água para os reservatórios superiores. Foram utilizados os dados:

- Potência da bomba: $1/3 \text{ cv} \cong 0,25 \text{ Kw}$
- Vazão de trabalho da bomba: 2.000 L/h
- Consumo diário de água não potável: 4.000 L
- Número de horas diárias de bomba ligada: $4.000/2.000 = 2 \text{ h/d}$
- Número de dias funcionamento bomba: 264 d/ano (considerado 22 dias úteis/ mês)

Consumo anual de energia: Potência do Equipamento (KW) x Número de horas utilizadas (hora diária) x Número de dias de uso ano (dias).

$$\text{Consumo anual de energia} = 0,25 \times 2,0 \times 264 \cong 132 \text{ KWh.}$$

Sendo assim, a economia anual de energia devido à substituição de água potável por água de chuva foi de 213,27 KWh.

Os fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica devem ser usados quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento.

O fator médio anual de emissão levantado pelo MCTI no ano de 2014 foi de 0,1355 (tCO₂/MWh), conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Cálculo da emissão de CO₂

MWh	tCO ₂
1	0,1355*
0,21327	0,0289

* MCTI, 2015.

Fonte: O autor

Ou seja, com a utilização de água de chuva, se deixará de emitir em um ano 0,0289 tCO₂.

Analisando o benefício ambiental em 10 anos (tempo médio de vida útil dos equipamentos), 0,289 tCO₂.

Além da redução das emissões de CO₂, outros benefícios podem ser ressaltados.

O aproveitamento de água de chuva contribui para a eficiência hidroenergética, visto que reduz a retirada de água para abastecimento, aumentando o nível dos mananciais e consequentemente a capacidade de geração de energia elétrica.

Com a captação das águas de chuvas, diminui-se a pressão no sistema de drenagem pluvial, colaborando para a prevenção de alagamentos e enchentes.

5.11 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

A EMH – Eletromecânica e Hidráulica é uma indústria certificada nas normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004.

A primeira certificação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na norma ISO 9001:2008 foi em 1996.

O SGQ é voltado para garantia de qualidade dos produtos e serviços. Este é composto por vários procedimentos e requisitos que buscam aumentar a satisfação do cliente com foco na melhoria contínua dos processos.

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) foi certificado pela primeira vez em 2010, unindo ao Sistema de Qualidade e dando origem ao Sistema de Gestão Integrado (SGI).

Alguns benefícios da certificação do SGA podem ser relacionados como:

- Reconhecimento e credibilidade no mercado, “marketing verde”;
- Atendimento a nova e rígida legislação ambiental;
- Redução do risco de incidentes ambientais;
- Controle dos aspectos/ impactos ambientais;
- Exportação dos produtos.

A Gestão Ambiental da indústria assegura o atendimento aos requisitos legais, atende as condicionantes da Licença Ambiental, gerencia e destina de forma ambientalmente correta os resíduos gerados, realiza o monitoramento das emissões atmosféricas, monitoramento dos efluentes líquidos, visando à prevenção da poluição em busca da melhoria contínua do desempenho ambiental em sua unidade, utilizando tecnologia economicamente viável, contudo, assumindo o compromisso de promover a conscientização e envolvimento dos seus colaboradores, clientes e partes interessadas.

Para que a certificação fosse alcançada a indústria precisou realizar várias adequações em suas instalações. Algumas delas são apresentadas a seguir:

- **Impermeabilização do piso** - todo o piso da fábrica foi trocado recebendo uma impermeabilização.
- **Gerenciamento de Resíduos** - Implantação da coleta seletiva na indústria e construção de uma central de resíduos para armazenamento temporário. Esta possui uma contenção para evitar contaminação do solo em casos de vazamentos.

A implantação do Sistema de Gestão Integrado trouxe grandes benefícios à indústria. Na comparação entre as Figuras 44 e 45 observam-se claramente as melhorias obtidas.

Figura 44 - Empresa antes da implantação do SGI



Fonte: Disponibilizado pela indústria EMH

Figura 45 - Indústria após a implantação do SGI



Fonte: Disponibilizado pela indústria EMH

5.11.1 Gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais

Para cada atividade, produto ou serviço em análise a EMH identifica os aspectos/ impactos ambientais.

A identificação dos aspectos ambientais é feita através da análise das ENTRADAS e SAÍDAS de cada atividade e os mesmos são incluídos em um software responsável pelo gerenciamento.

Os aspectos e impactos são avaliados e para cada um é dado um grau de importância, sendo classificados como significativos e não significativos.

O Controle Operacional dos Aspectos e Impactos que foram classificados como significativos é feito de acordo com o grau da sua importância. Aqueles com menor nível de significância possuem controles menos rigorosos e aqueles com maior nível de significância possuem controles mais rígidos.

5.11.1.1 Aspecto Ambiental: Consumo de água

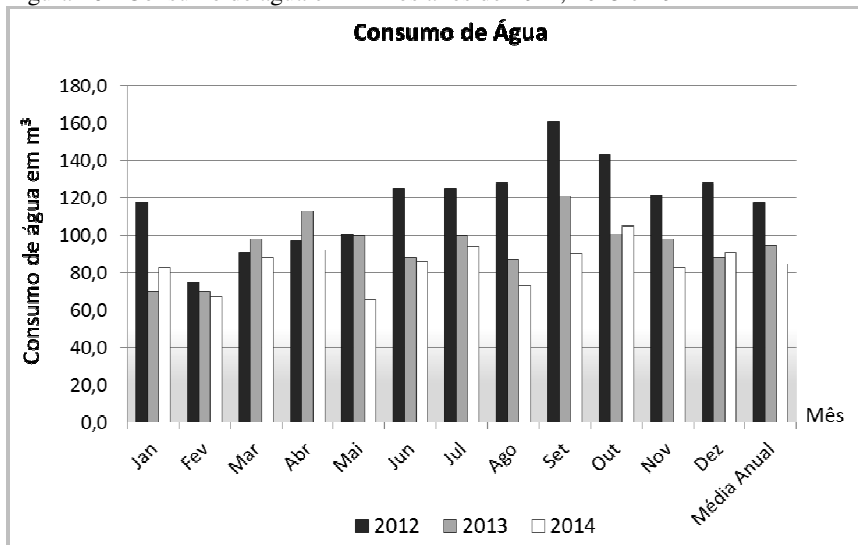
Um dos aspectos ambientais considerados e avaliados pela indústria é o consumo de água, cujo um dos impactos é a escassez do recurso.

A indústria busca uma constante melhoria nos sistemas que fazem a utilização de água em busca de economias no consumo. Várias ações já foram tomadas como substituição das torneiras dos banheiros por torneiras automáticas, troca das bacias sanitárias por bacias acopladas

com teclas Dual Flush, instalação de mictórios e treinamentos de conscientização dos funcionários.

Sendo assim, nos últimos anos houve uma redução significativa do consumo de água, conforme observado na Figura 46 que corresponde ao consumo de água nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Figura 46 - Consumo de água em m³ nos anos de 2012, 2013 e 2014



Fonte: Dados fornecidos pela indústria

Considerando que a indústria não utiliza água em seu processo produtivo e o número de funcionários neste período se manteve, a redução na média anual de consumo foi de 33 m³ entre 2012 e 2014.

5.12 BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RELAÇÃO À IMAGEM DA INDÚSTRIA QUANTO AO SEU SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

5.12.1 Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos de Belo Horizonte

O Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH) é uma política pública de iniciativa da Prefeitura, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e do Comitê Executivo da Copa de 2014, e resultante das

discussões no Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência- CMMCE.

A certificação ambiental é destinada aos empreendimentos públicos e privados, residenciais, comerciais e/ou industriais, que adotarem medidas que contribuam para a redução do consumo de água, de energia, das emissões atmosféricas e da geração de resíduos sólidos, além de alternativas de reciclagem e de reaproveitamento dos resíduos gerados.

A base legal da certificação é a Deliberação Normativa nº 66/2009 do Conselho Municipal de Meio Ambiente - COMAM, que estabeleceu medidas de sustentabilidade e combate às mudanças climáticas e a Portaria SMMA nº 06/2012 da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que regulamenta o Programa.

O empreendedor participante do Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental receberá uma das três modalidades do Selo: Ouro, Prata ou Bronze (Figura 47), conforme o número de dimensões contempladas em sua proposta (água, energia, gases de efeito estufa (GEEs), ou resíduos sólidos), se três, duas ou uma, respectivamente.

Haverá ainda um Certificado de Boas Práticas Ambientais para aqueles empreendimentos que implementarem medidas de sustentabilidade, mas não alcançarem os índices mínimos estabelecidos para a certificação, em cada área temática.

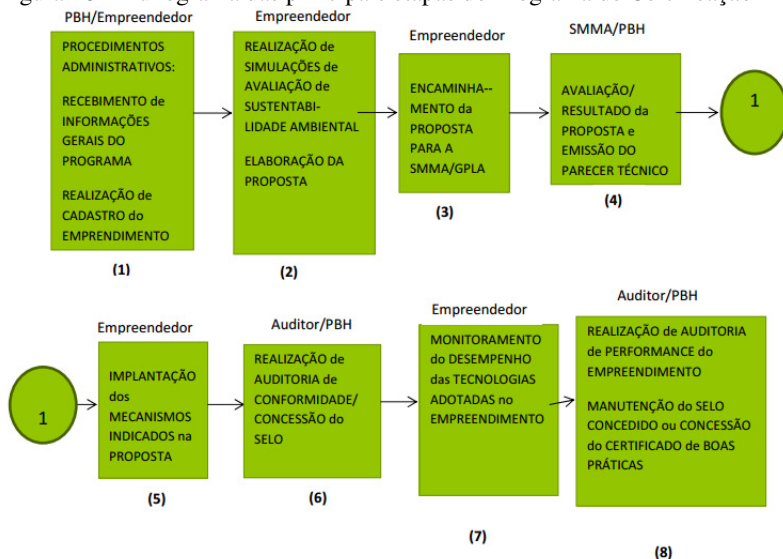
Figura 47 - Selos Ouro, Prata ou Bronze



Fonte: PBH, CESA. Acesso em 14 Jan. 2016

A Figura 48 apresenta o fluxograma das principais etapas do Programa.

Figura 48 - Fluxograma das principais etapas do Programa de Certificação



Fonte: PBH, Manual de procedimentos 1.10, 2012.

Considerando que a EMH já possui implantado o programa de coleta seletiva e um programa para redução do consumo de energia, por meio do qual as lâmpadas fluorescentes estão sendo substituídas por lâmpadas de LED, ao implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva, terá três dimensões a serem avaliadas que diante da aprovação, poderá obter o Selo Ouro.

Esta certificação contribuirá para que o município de Belo Horizonte possa alcançar a meta de redução dos gases de efeito estufa, definida para 2030, bem como a melhoria das condições socioambientais da cidade.

5.12.2 Marketing Verde

De acordo com Guimarães (2006), ao longo das décadas 70, 80 e 90, a busca de vantagens competitivas pelas empresas tem se tornado crescente. Dentro das questões demandadas das partes interessadas, uma das mais importantes, sob o ponto de vista da sociedade, é a questão ambiental.

Na Tabela 19, nota-se a evolução das questões ambientais, mostrando que a gestão ambiental se aproxima cada vez mais do

desenvolvimento de serviços e produtos. A questão ambiental tem sido vista como pré-requisito para o desenvolvimento dos negócios e em muitos casos, como fator competitivo entre as empresas (GUIMARÃES, 2006).

Tabela 19 – Evolução das questões ambientais

FATOR	ATE 70's	ANOS 80's	ANOS 90's	ANOS 2000's
Questões Ambientais	Poluição do ar Poluição das águas Recursos não renováveis	Resíduos Contaminação do solo Acidentes	Efeito estufa Camada de ozônio Biodiversidade	Impacto de produtos Genética

Fonte: GUIMARÃES, 2006.

Percebe-se, então, uma tendência de avanço na direção da:

- Preocupação, desde os estágios iniciais, do desenvolvimento do produto e do processo de produção;
- Integração da gestão ambiental à gestão do negócio, usando como modelo já consagrado, os sistemas de gestão do negócio ambiental de acordo com as normas vigentes;
- Visão holística do ciclo de vida do produto;
- Busca de certificações e parcerias com entidades independentes, de modo a dar a validade e credibilidade necessária. (GUIMARÃES, 2006).

Ao analisar a relação da EMH com seus clientes, percebe-se que a questão ambiental é um fator competitivo essencial para os negócios.

Conforme informações passadas pela indústria, a maior parte de seus clientes exigem a manutenção de um Sistema de Gestão de Qualidade e Ambiental, ademais alguns deles fazem auditorias no sistema da indústria a fim de comprovar que a mesma possui o SGI implementado.

A implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, elevará o conceito da indústria perante ao Sistema de Gestão Ambiental e consequentemente as partes interessadas.

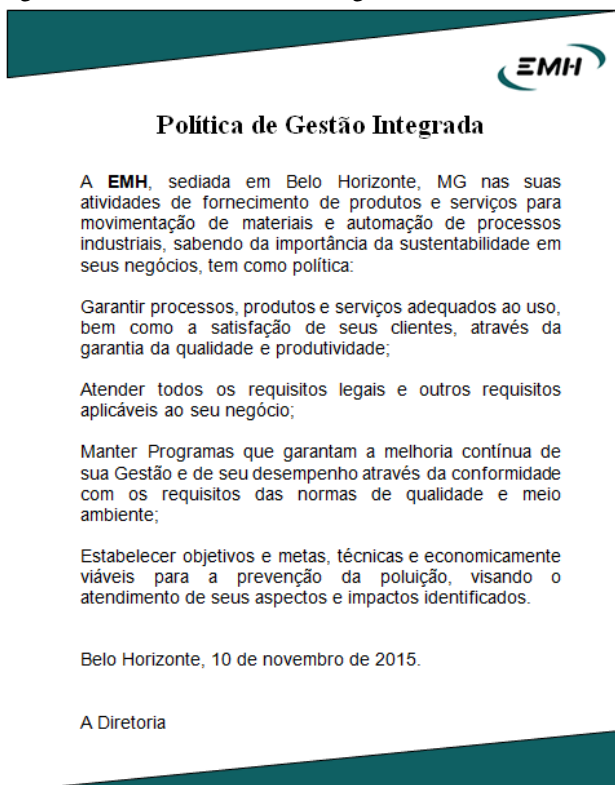
5.12.3 Política de Gestão Integrada

Conforme item 4.2 da NBR ISO 14001:2004, a alta administração deve definir a política ambiental da organização e assegurar que, dentro do escopo definido de seu sistema da gestão ambiental, a política:

- a) seja apropriada à natureza, escala e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços,
- b) inclua um comprometimento com a melhoria contínua e com a prevenção de poluição,
- c) inclua um comprometimento em atender aos requisitos legais aplicáveis e outros requisitos subscritos pela organização que se relacionem a seus aspectos ambientais,
- d) forneça uma estrutura para o estabelecimento e análise dos objetivos e metas ambientais,
- e) seja documentada, implementada e mantida,
- f) seja comunicada a todos que trabalhem na organização ou que atuem em seu nome, e
- g) esteja disponível para o público (NBR ISO 14001, 2004).

A EMH definiu sua Política conforme Figura 49:

Figura 49 – Política de Gestão Integrada da EMH



Fonte: Fornecido pela indústria

De acordo com a Política, a indústria assumiu o compromisso de estabelecer objetivos e metas, técnicas e economicamente viáveis para a prevenção da poluição.

O sistema de aproveitamento de água de chuva é considerado uma técnica para prevenção da poluição, visto que, deixa-se de utilizar água potável em locais que não necessitam desta qualidade, consequentemente reduzindo o consumo de energia elétrica e insumos para tratamento da água.

Sendo assim, ao implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva a indústria estará atendendo a um item de sua Política de Gestão Integrada. Além disso, contribuirá para a melhoria contínua do SGI.

6 CONCLUSÕES

Com a realização da simulação do dimensionamento do reservatório no Programa Netuno, obteve-se um percentual de economia de água potável de 28,98%. Considerando este resultado foi realizada a análise de viabilidade econômica.

A implantação do projeto demonstrou ser muito atrativa sob a ótica econômica. Com a TMA definida em 0,51% e o período de investimento de 120 meses, obteve-se uma taxa interna de retorno (TIR) de 2,45% ao mês, com o tempo de retorno do investimento em 47 meses. O valor presente líquido obtido foi significativo, R\$ 39.353,21.

Sob a perspectiva ambiental, constatou-se que no período de um ano esta alternativa economizará 213,27 KWh de energia na captação, tratamento e distribuição de água potável. Com esta energia que será economizada consequentemente deixará de emitir em um ano 0,0289 tCO₂. Analisando o benefício ambiental em 10 anos (tempo de vida útil dos equipamentos), 0,289 tCO₂ deixarão de ser lançadas na atmosfera.

Além da redução das emissões de CO₂, outros benefícios foram levantados como a contribuição para a eficiência hidroenergética e a diminuição da pressão no sistema de drenagem pluvial, colaborando para a prevenção de alagamentos e enchentes na região onde está localizada.

A EMH também será beneficiada através do Sistema de Gestão Ambiental. Além de estar cumprindo com o requisito de melhoria contínua das normas em que é certificada, a indústria poderá alcançar a certificação em sustentabilidade ambiental de empreendimentos de Belo Horizonte, com a possibilidade de obtenção do selo Ouro. Dentre os outros benefícios estão o fortalecimento do Marketing Verde e o atendimento a Política de Gestão Integrada definida pela indústria.

Diante dos fatos apresentados, pode-se concluir que a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva na indústria EMH é economicamente atrativa. Ademais, os benefícios em relação ao meio ambiente e o SGA da indústria são relevantes, contribuindo para a sustentabilidade da indústria e do meio ambiente.

7 RECOMENDAÇÕES

Para as próximas pesquisas recomenda-se que sejam realizados estudos de parâmetros da qualidade da água captada a fim de analisar se estes atendem a NBR 15527/07.

Verificar a eficiência dos dispositivos de descarte da primeira água e de cloração utilizados neste estudo.

Estudar a possibilidade de aumentar a área de captação e eficiência do sistema, com a redução do descarte de primeira água visando melhorar o percentual de aproveitamento.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** 2007. NBR 15527/07.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Instalações prediais de águas pluviais.** 1989. NBR 10844/89.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Sistemas da Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso.** 2004. NBR 14001/04.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos.** 2008. NBR 9001/08.

ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em:
<<http://www.ana.gov.br/>> Acesso em 17 Jul. 2015.

AQUASTOCK. Disponível em: <<http://aquastock.com.br/port/~filtros-vortex-wff->> Acesso em 10 Julho. 2015.

ARSAE-MG. Resolução ARSAE-MG 64/2015 - Reajuste Tarifário da COPASA MG de 10 de abril de 2015. Disponível em:
<<http://arsae.mg.gov.br/resolucoes-normativas/page/391-64-2015-reajuste-tarifario-da-copasa-mg>> Acesso em 5 set. 2015.

AUXTRAT Equipamentos para Saneamento Ambiental.
<<http://www.auxtrat.com.br/>> Acesso em 10 Jan. 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Disponível em:
<http://www.bcb.gov.br> Acesso em 20 dez. 2015.

BELO HORIZONTE. CESA. **Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental: Manual de Procedimentos.** Versão 1.10. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://cesa.pbh.gov.br/>> Acesso em 14 Jan. 2016.

BELO HORIZONTE. CESA – Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos de Belo Horizonte. Disponível em:
<<http://cesa.pbh.gov.br/scsae/index.smma>> Acesso em 14 Jan. 2016.

BELO HORIZONTE. COMAM. Deliberação Normativa Nº 66 de 29 de dezembro de 2009. Disponível em:

<<http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1020863>> Acesso em: 12 Ago. 2015.

BELO HORIZONTE. Lei Nº 9.242, de 31 de julho de 2006. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br/leis/legislacao/pesquisa>> Acesso em: 24 nov. 2015.

BELO HORIZONTE. Portaria SMMA Nº 06 de 02 de maio de 2012. Disponível em:

<<http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1079704>> Acesso em: 12 Ago. 2015.

BETIM. Lei nº 4706 de 15 de outubro de 2008. Disponível em:

<<http://www.camarabetim.mg.gov.br/pesquisa.aspx>> Acesso em: 24 nov. 2015.

BLUMENAU. Lei Complementar nº 691, de 29 de setembro de 2008.

Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/b/blumenau/lei-complementar/2008/70/691/lei-complementar-n-691-2008-institui-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-de-agua-no-municipio-de-blumenau?q=chuva>> Acesso em: 20 fev. 2016.

BRASIL. Decreto Federal Nº 8.038, de 4 de julho de 2013. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Decreto/D8038.htm> Acesso em: 24 nov. 2015.

BRASIL. Instrução Normativa SRF Nº 162, de 31 de Dezembro de 1998. Disponível em:

<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=a_notado&idAto=15004> Acesso em: 12 nov. 2015.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Disponível em:

< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 24 nov. 2015.

BRASIL. Lei Federal Nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm> Acesso em: 24 nov. 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS):

Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. 181 p. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 03/15 - Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024)**. 78 p. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030** / Ministério de Minas Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. 254 p. Brasília : MME : EPE, 2007.

CARDOSO, Manuelle Prado. **Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva em Zonas Urbanas: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG**. 2009. 171 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

CELITE. Disponível em: < <http://www.celite.com.br/>> Acesso em 03 dez. 2015.

CEMIG. Disponível em: < <http://www.cemig.com.br/pt-br/Paginas/default.aspx>> Acesso em 10 jan. 2016.

CHINEM, Rivaldo. A História das Revoluções - Dez maiores revoluções do mundo e os grandes pensadores. 1 ed. 112 p. Discovery Publicações: São Paulo. 2013.

CMBH. Projetos de Leis. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br>> Acesso em: 09 de dez. 2015.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/>> Acesso em 10 jan. 2016.
CURITIBA. Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/prefeitura/pr/curitiba?q=10.785>> Acesso em: 24 nov. 2015.

DACACH, Nelson Gandur. **Saneamento Básico**. 3 ed. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

DIAS, Isabelly Cícera Souza. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Social do Aproveitamento de Água de Chuva em Residências na Cidade de João Pessoa**. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Paraíba. João Pessoa, 2007.

ECOHABITAT. Disponível em: < <http://www.ecohabitatbrasil.com.br/>> Acesso em 10 dez. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2014 - ano base 2013**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

FEAM. Aproveitamento de Água Pluvial - Conceitos e Informações Gerais. 2016. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/1293-guias-tecnicos-ambientais>> Acesso em 10 maio 2016.

FORTLEV. Disponível em: < <http://www.fortlev.com.br/>> Acesso em 03 dez. 2015.

FORTMETAL. Disponível em: < <http://www.fortmetal.com.br/>> Acesso em 03 dez. 2015

GERMANI, André Cirilo Campos. **Planejamento de um Sistema de Gestão Ambiental em pequenas e médias empresas: estudo de caso para o setor mineral**. 2000. 240 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2000.

GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4.0. Manual do Usuário**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2015

GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4.0**. Programa computacional. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

GOMES, Heber Pimentel. **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. 1ª ed. 366p. João Pessoa. Editora Universitária/UFPB, 2010.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>> Acesso em: 03 mar. 2015.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso em: 03 mar. 2015.

GUIMARÃES, Antonio Fernando. **Marketing verde e a propaganda ecológica: uma análise da estruturada comunicação em anúncios impressos**. 2006. 191 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2006.

HARVESTING. Disponível em: <<http://www.harvesting.com.br/>> Acesso em 22 abr. 2016.

HIDRAULIS. Disponível em: <<http://www.hidraulis.com.br/>> Acesso em 10 jan. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em 17 Jul.2015

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 17 de dez. 2015.

KÄRCHER. Disponível em: <<https://www.kaercher.com/br>> Acesso em 13 set. 2015.

LAGE, Epaminondas de Souza. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica.** 2010. 198 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

MARINGÁ. Lei Municipal nº 6.345 de 15 de Outubro de 2003. Disponível em: <<http://www.cmm.pr.gov.br/?inc=legislacao>> Acesso em: 24 nov. 2015.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/>> Acesso em: 12 nov. 2015

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. A ONU e a Água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>> Acesso em 23 nov. 2015

PARIZZI, Maria Giovana; SEBASTIÃO, Cristiane Silva; VIANA, Cláudia de Sanctis; PFLUEGER, Marcelo de Carvalho; CAMPOS, Luciane de Castro; CAJAZEIRO, Joana Maria Drumond; TOMICH, Rodolfo Sena; GUIMARÃES, Roberta Nunes; ABREU, Magda Luzimar de; SOBREIRA, Frederico Garcia; REIS, Ruiبران dos. **Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG.** Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://repositorio.sisbin.ufop.br/bitstream/123456789/4716/1/ARTIGO_Correla%C3%A7%C3%B5esChuvasMovimento.pdf> Acesso em 14 jan de 2016.

PATO BRANCO. Lei Nº 2349, de 18 de junho de 2004. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/p/pato-branco/lei-ordinaria/2004/235/2349/lei-ordinaria-n-2349-2004-cria-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes>> Acesso em: 24 nov. 2015.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética** / José Almir Rodrigues Pereira e Marise Teles Condurú. 127 p. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2014.

PETERS, Madelon Rebelo. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

PROSAB. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**/ Ricardo Franci Goncalves (coordenador). 352p. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

REVISTA TÉCNICA PINI. Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-3.aspx>> Acesso em 03 jan. 2016.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004. Disponível em: < <http://www.alerj.rj.gov.br/processo2.htm>> Acesso em: 24 nov. 2015.

RODRIGUES, Kênia Fernandes de Castro. **Sistematização e análise da avaliação econômica de projetos de desenvolvimento e serviços**. 2014. 347 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

SAFERAIN FIRST FLUSH DIVERSION VALVE. Disponível em: <<http://saferain.com.au/>> Acesso em: 03 jan. 2016.

SÃO PAULO. Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridico/s/cadlem/pesqnumero.asp?t=L&n=13276&a=&s=&var=0> Acesso em: 24 nov. 2015.

SCHNEIDER. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superf%C3%ADcie/light/centr%C3%ADfugas-monoest%C3%A1gio/bc-98/>> Acesso em: 10 jan. 2016.

SCHROEDER, Jocimari Tres; SCHROEDER, Ivanir; COSTA, Reinaldo Pacheco da; SHINODA, Carlos. **O Custo de Capital como Taxa Mínima de Atratividade na Avaliação de Projetos de Investimento**. Revista Gestão Industrial. v. 01, n. 02. 2005.

SILVA, Danilo José P. da. **Programa de Conservação e Reuso de Água – PCRA**. Manual de Orientações para o Setor Industrial. 45 p. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal De Viçosa. Viçosa, 2011.

SPÓSITO, Luiza Helena. **Avaliação do Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Indústria com Sistema de Gestão Integrado da Qualidade e Ambiental: estudos de caso**. 2008. 178 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**: para áreas urbanas e fins não-potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Capítulo 7- Dispositivos de autolimpeza. 2011. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguardechuva/Capitulo07.pdf> Acesso em: 05 jan. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da água**. 294 p. Guarulhos: Editora Parma, 1999.

TOMAZ, Plínio. **Economia de Água: Para empresas e residências**. 112 p. São Paulo: Navegar, 2001.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água para um Mundo Sustentável. 8 p. 2015. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf > Acesso em: 05 jan. 2016.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 4: O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. 17 p. 2012. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215492por.pdf> > Acesso em: 05 jan. 2016.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report. Water for People, Water for Life. 2003. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf> > Acesso em 03 Ago. 2015

3P TECHNIK. Disponível em: < <http://www.agua-de-chuva.com/21-2-Filtros-Industriais.html> > Acesso em: 10 Jul. 2015.

APÊNDICE A – CUSTOS E ECONOMIAS MENSAIS

Mês		Economia (R\$)	Custo (R\$)
0	Janeiro	R\$ 0,00	R\$ 24.788,00
1	Fevereiro	R\$ 785,84	R\$ 34,68
2	Março	R\$ 769,60	R\$ 34,37
3	Abril	R\$ 461,12	R\$ 31,85
4	Maiο	R\$ 280,35	R\$ 30,51
5	Junho	R\$ 109,61	R\$ 29,12
6	Julho	R\$ 104,82	R\$ 29,10
7	Agosto	R\$ 219,07	R\$ 30,03
8	Setembro	R\$ 535,98	R\$ 32,71
9	Outubro	R\$ 877,46	R\$ 35,44
10	Novembro	R\$ 1.041,76	R\$ 36,82
11	Dezembro	R\$ 1.058,71	R\$ 36,80
12	Janeiro	R\$ 921,21	R\$ 37,53
13	Fevereiro	R\$ 835,31	R\$ 36,87
14	Março	R\$ 818,04	R\$ 36,54
15	Abril	R\$ 490,15	R\$ 33,85
16	Maiο	R\$ 298,00	R\$ 32,43
17	Junho	R\$ 116,51	R\$ 30,95
18	Julho	R\$ 111,42	R\$ 30,94
19	Agosto	R\$ 232,86	R\$ 31,92
20	Setembro	R\$ 569,71	R\$ 34,77
21	Outubro	R\$ 932,69	R\$ 37,67
22	Novembro	R\$ 1.107,34	R\$ 39,14
23	Dezembro	R\$ 1.125,36	R\$ 39,12
24	Janeiro	R\$ 979,20	R\$ 39,89
25	Fevereiro	R\$ 887,89	R\$ 39,19
26	Março	R\$ 869,53	R\$ 38,84
27	Abril	R\$ 521,00	R\$ 35,99
28	Maiο	R\$ 316,76	R\$ 34,47

29	Junho	R\$ 123,84	R\$ 32,90
30	Julho	R\$ 118,43	R\$ 32,88
31	Agosto	R\$ 247,51	R\$ 33,93
32	Setembro	R\$ 605,57	R\$ 36,96
33	Outubro	R\$ 991,40	R\$ 40,04
34	Novembro	R\$ 1.177,04	R\$ 41,60
35	Dezembro	R\$ 1.196,19	R\$ 41,58
36	Janeiro	R\$ 1.040,83	R\$ 42,40
37	Fevereiro	R\$ 943,78	R\$ 41,65
38	Março	R\$ 924,26	R\$ 41,28
39	Abril	R\$ 553,80	R\$ 38,25
40	Maio	R\$ 336,69	R\$ 36,64
41	Junho	R\$ 131,64	R\$ 34,97
42	Julho	R\$ 125,89	R\$ 34,95
43	Agosto	R\$ 263,09	R\$ 36,06
44	Setembro	R\$ 643,69	R\$ 39,29
45	Outubro	R\$ 1.053,81	R\$ 42,57
46	Novembro	R\$ 1.251,13	R\$ 44,22
47	Dezembro	R\$ 1.271,49	R\$ 44,20
48	Janeiro	R\$ 1.106,35	R\$ 45,07
49	Fevereiro	R\$ 1.003,18	R\$ 44,27
50	Março	R\$ 982,44	R\$ 43,88
51	Abril	R\$ 588,66	R\$ 40,66
52	Maio	R\$ 357,89	R\$ 38,94
53	Junho	R\$ 139,92	R\$ 37,17
54	Julho	R\$ 133,81	R\$ 37,15
55	Agosto	R\$ 279,66	R\$ 38,33
56	Setembro	R\$ 684,21	R\$ 41,76
57	Outubro	R\$ 1.120,14	R\$ 45,24
58	Novembro	R\$ 1.329,88	R\$ 47,00
59	Dezembro	R\$ 1.351,52	R\$ 46,98
60	Janeiro	R\$ 1.175,99	R\$ 47,91

61	Fevereiro	R\$ 1.066,33	R\$ 47,06
62	Março	R\$ 1.044,28	R\$ 46,64
63	Abril	R\$ 625,71	R\$ 43,22
64	Maio	R\$ 380,42	R\$ 41,40
65	Junho	R\$ 148,73	R\$ 39,51
66	Julho	R\$ 142,24	R\$ 39,49
67	Agosto	R\$ 297,26	R\$ 40,74
68	Setembro	R\$ 727,28	R\$ 44,39
69	Outubro	R\$ 1.190,65	R\$ 48,09
70	Novembro	R\$ 1.413,59	R\$ 49,96
71	Dezembro	R\$ 1.436,60	R\$ 49,94
72	Janeiro	R\$ 1.250,01	R\$ 50,93
73	Fevereiro	R\$ 1.133,45	R\$ 50,02
74	Março	R\$ 1.110,02	R\$ 49,58
75	Abril	R\$ 665,10	R\$ 45,94
76	Maio	R\$ 404,36	R\$ 44,00
77	Junho	R\$ 158,09	R\$ 42,00
78	Julho	R\$ 151,19	R\$ 41,98
79	Agosto	R\$ 315,97	R\$ 43,31
80	Setembro	R\$ 773,06	R\$ 47,18
81	Outubro	R\$ 1.265,59	R\$ 51,12
82	Novembro	R\$ 1.502,57	R\$ 53,10
83	Dezembro	R\$ 1.527,03	R\$ 53,08
84	Janeiro	R\$ 1.328,70	R\$ 54,13
85	Fevereiro	R\$ 1.204,80	R\$ 53,17
86	Março	R\$ 1.179,89	R\$ 52,70
87	Abril	R\$ 706,96	R\$ 48,83
88	Maio	R\$ 429,81	R\$ 46,77
89	Junho	R\$ 168,05	R\$ 44,64
90	Julho	R\$ 160,71	R\$ 44,62
91	Agosto	R\$ 335,86	R\$ 46,03
92	Setembro	R\$ 821,72	R\$ 50,15

93	Outubro	R\$ 1.345,26	R\$ 54,34
94	Novembro	R\$ 1.597,16	R\$ 56,45
95	Dezembro	R\$ 1.623,15	R\$ 56,42
96	Janeiro	R\$ 1.412,33	R\$ 57,54
97	Fevereiro	R\$ 1.280,64	R\$ 56,52
98	Março	R\$ 1.254,16	R\$ 56,02
99	Abril	R\$ 751,46	R\$ 51,90
100	Maio	R\$ 456,87	R\$ 49,72
101	Junho	R\$ 178,62	R\$ 47,45
102	Julho	R\$ 170,82	R\$ 47,43
103	Agosto	R\$ 357,00	R\$ 48,93
104	Setembro	R\$ 873,44	R\$ 53,31
105	Outubro	R\$ 1.429,94	R\$ 57,76
106	Novembro	R\$ 1.697,69	R\$ 60,00
107	Dezembro	R\$ 1.725,32	R\$ 59,97
108	Janeiro	R\$ 1.501,24	R\$ 61,16
109	Fevereiro	R\$ 1.361,25	R\$ 60,08
110	Março	R\$ 1.333,10	R\$ 59,54
111	Abril	R\$ 798,76	R\$ 55,17
112	Maio	R\$ 485,63	R\$ 52,85
113	Junho	R\$ 189,87	R\$ 50,44
114	Julho	R\$ 181,57	R\$ 50,41
115	Agosto	R\$ 379,47	R\$ 52,01
116	Setembro	R\$ 928,42	R\$ 56,67
117	Outubro	R\$ 1.519,95	R\$ 61,39
118	Novembro	R\$ 1.804,55	R\$ 63,78
119	Dezembro	R\$ 1.833,92	R\$ 63,75

Fonte: O autor

ANEXO A – TABELA DE SELEÇÃO DA MOTOBOMBA

Modelo	Potência (cv)	Características Hidráulicas - Rotação corrigida para 3500 RPM																	
		Altura Manométrica Total (m.c.a.)																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		Vazão em m ³ /h válida para sucção de 0 m.c.a.																	
BC-98	1/3	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2	3	2,8	2,5	2,3	2	1,6	1,2		
	1/2	5,5	5,4	5,2	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	1,8	1,1
Modelo	Potência (cv)	Monofásico	Sucção (pol)	Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.**)	Rotor (mm)												
BC-98	1/3	x	3/4	3/4	18	8	107												
	1/2	x	3/4	3/4	20	8	107												

Fonte: SCHNEIDER. Acesso em 10 jan. 2016.

ANEXO B - RESOLUÇÃO ARSAE-MG 64/2015, DE 10 DE ABRIL DE 2015.

TARIFAS APLICÁVEIS AOS USUÁRIOS

Classe de Consumo	Código Tarifário	Intervalo de Consumo (m³)	Tarifas de Aplicação			
			maio/15 a abr/16			
			1	2	3	
		Água	EDC	EDT		
Residencial Tarifa Social até 10 m³	ResTS até 10 m³	0 - 6	9,56	4,79	8,63	R\$/mês
		> 6 - 10	2,128	1,064	1,915	R\$/m³
Residencial Tarifa Social maior que 10 m³	ResTS > 10m³	0 - 6	10,08	5,05	9,06	R\$/mês
		> 6 - 10	2,241	1,122	2,017	R\$/m³
		> 10 - 15	4,903	2,451	4,412	R\$/m³
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m³
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m³
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m³
Residencial até 10 m³	Res até 10 m³	0 - 6	15,94	7,97	14,38	R\$/mês
		> 6 - 10	2,661	1,330	2,394	R\$/m³
Residencial maior que 10 m³	Res > 10m³	0 - 6	16,80	8,40	15,10	R\$/mês
		> 6 - 10	2,801	1,401	2,520	R\$/m³
		> 10 - 15	5,447	2,724	4,903	R\$/m³
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m³
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m³
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m³
Comercial	Com	0 - 6	25,79	12,90	23,23	R\$/mês
		> 6 - 10	4,299	2,150	3,871	R\$/m³
		> 10 - 40	8,221	4,111	7,398	R\$/m³
		> 40 - 100	8,288	4,142	7,459	R\$/m³
		> 100	8,329	4,164	7,496	R\$/m³
Industrial	Ind	0 - 6	27,37	13,69	24,64	R\$/mês
		> 6 - 10	4,562	2,281	4,107	R\$/m³
		> 10 - 20	7,992	3,996	7,193	R\$/m³
		> 20 - 40	8,017	4,009	7,215	R\$/m³
		> 40 - 100	8,095	4,049	7,285	R\$/m³
		> 100 - 600	8,316	4,157	7,484	R\$/m³
Pública	Pub	> 600	8,405	4,202	7,564	R\$/m³
		0 - 6	24,28	12,14	21,87	R\$/mês
		> 6 - 10	4,049	2,025	3,642	R\$/m³
		> 10 - 20	6,982	3,490	6,283	R\$/m³
		> 20 - 40	8,439	4,218	7,595	R\$/m³
		> 40 - 100	8,546	4,274	7,693	R\$/m³
> 100 - 300	8,571	4,285	7,713	R\$/m³		
> 300	8,644	4,323	7,780	R\$/m³		

Fonte: COPASA, 2015.