

**FAAT FACULDADES  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DANIEL FURQUIM DE SOUZA  
FELIPE MASSATO MATUOKA  
JOSÉ VICENTE JUNIO DE CARVALHO  
MARCEL WOODY ARAUJO ASAKAWA  
MATHEUS SILVA RODRIGUES**

**INDÚSTRIA MINERADORA DE ÁGUA**

**ATIBAIA – 2017**

**FAAT FACULDADES  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DANIEL FURQUIM DE SOUZA  
FELIPE MASSATO MATUOKA  
JOSÉ VICENTE JUNIO DE CARVALHO  
MARCEL WOODY ARAUJO ASAKAWA  
MATHEUS SILVA RODRIGUES**

**INDÚSTRIA MINERADORA DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção) pela FAAT FACULDADES, sob orientação dos professores Prof. Dr. Thadeu Alfredo Farias Silva e Prof. Marcos Nascimento

**ATIBAIA – 2017**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por nos ter dado saúde e força para superarmos as dificuldades.

A instituição de ensino FAAT – Faculdades Atibaia, pelo ambiente favorável à perfeita absorção do conhecimento e ao seu corpo docente extremamente competente.

Aos docentes Prof. Dr. Thadeu Alfredo Farias Silva e Prof. Marcos Nascimento pela orientação, apoio e confiança.

Aos nossos pais, parentes e amigos que nos apoiaram de forma incondicional para realização deste curso.

Por fim, a todos que direta e indiretamente fizeram parte da nossa formação e nos auxiliaram no decorrer deste período.

## RESUMO

O presente estudo, primeiramente buscou descrever por meio de artigo, uma análise realizada nas instalações da FAAT Faculdades, sobre o pH de seis diferentes marcas de Água mineral, engarrafadas em 500ml e comercializadas na cidade de Atibaia.

Posteriormente, foi realizada a visita técnica em uma indústria do ramo, localizada em Atibaia. O grupo enxergou a possibilidade de melhoria no processo, utilizando a verticalização (produzir internamente tudo o que for possível). A ideia proposta é, fabricar a pré-forma, através de injeção da matéria-prima PET e realizar a injeção, pois, a garrafa é um produto de grande volume e baixo valor agregado, tornando seu custo de transporte inviável.

O trabalho se encerra, evidenciando a importância da reciclagem, tendo em vista o cenário atual, onde a sustentabilidade se torna indispensável em qualquer setor.

Palavras chave: Água Mineral, PET, Sustentabilidade, Verticalização.

## **ABSTRACT**

The surface of Earth is 70% water (1.386 billion cubic kilometers), but of this enormous volume, only 2.5% is potable water. Around 98% of this small amount is underground, but of that amount, we only have 0.26% available in rivers, lakes and reservoirs. On average, around in the world, 10% of the water attends to public supply, 23% to industry and 67% to agriculture. At Brazil, we are privileged because we have the largest reserve of fresh water on Earth, about 12% of the total. We also have the Amazon River, that its volume is greater than all the rivers of the globe, if added, it is the most important for the world. We will show in our work, what are the processes, from the extraction to the storage of this precious good. The quest for the consumption of quality water is increasing. In view of its properties, Mineral Water, being extracted directly from natural sources, preserves its original characteristics and provides the human being with numerous health benefits. Based on this aspect, mineral water becomes vital for the maintenance of the human life, with this, a great demand for this good is observed. In this work, we will understand the means of production of mineral water on a large scale, presenting the processes that are performed so that water becomes ideal for human consumption.

**Keywords:** Mineral Water, Production Processes, Water Mining Industry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem que ilustra o pHmetro.....	16
Figura 2 - Amostras para análise de pH.....	17
Figura 3 - Aferição do pHmetro com a solução Tampão .....	18
Figura 4 - Fluxo do Processo .....	22
Figura 5 - Processo de Extração .....	24
Figura 6 - Tanque de armazenagem .....	26
Figura 7 - Filtro 5 Micra .....	27
Figura 8 - Filtros de areia 1 e 2 .....	27
Figura 9 - Lavagem das garrafas (1) .....	29
Figura 10 - Envasamento da água (2).....	29
Figura 11 - Roscagem da tampa (3).....	30
Figura 12 – Aplicação do rótulo.....	31
Figura 13 – Marcação do lote, data de fabricação e validade .....	32
Figura 14 - Manômetro acoplado .....	33
Figura 15 - Termômetro .....	33
Figura 16 - Garrafas separadas em 12 unidades .....	33
Figura 17 - Garrafas com o filme plástico.....	34
Figura 18 - Fardo pronto para armazenagem.....	34
Figura 19 - Armazenagem.....	35
Figura 20 - Pré-forma .....	37
Figura 21 - Garrafas PET .....	37
Figura 22 - Armazenagem da Resina PET.....	38
Figura 23 - Resina PET .....	38
Figura 24 - Secadora.....	39
Figura 25 - Máquina Injetora .....	40
Figura 27 - Molde de Injeção.....	41
Figura 26 - Molde de Injeção Pré-forma .....	41
Figura 28 - Molde de Sopro.....	42
Figura 29 - Molde de Sopro.....	42
Figura 30 - Maquinário Completo .....	42
Figura 31 - Layout produção de garrafa PET .....	44
Figura 32 - Garrafa PET sendo impressa na impressora 3D .....	45
Figura 33 - Garrafa PET sendo impressa na impressora 3D .....	45
Figura 34 – Tripé da sustentabilidade .....	46
Figura 35 - A reciclagem gera empregos .....	47
Figura 36 - Problemas ambientais.....	48
Figura 37 - Problemas ambientais.....	48
Figura 38 - Aplicativo “Reciclagem de Plásticos” .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito da temperatura nos valores de pH.....	19
Tabela 2 - Comparativo pH indicado x pH medido.....	20
Gráfico 3 - Comparativo .....	21

---

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1. JUSTIFICATIVA .....	10
1.2. OBJETIVOS .....	11
1.3. METODOLOGIA.....	11
<b>2. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>12</b>
<b>3. ARTIGO - Análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas em 500ml comercializadas na cidade de Atibaia-SP</b> .....	<b>13</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	14
3.2. MATERIAIS .....	14
3.2.1. MATERIAIS PARA A AFERIÇÃO DO PHMETRO .....	15
3.2.2. PHMETRO E SEUS COMPONENTES .....	15
3.2.3. MATERIAIS PARA PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO PH .....	16
3.3. METODOLOGIA DO ARTIGO .....	16
3.3.1. PROCEDIMENTO DE AFERIÇÃO DO PHMETRO .....	17
3.3.2. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO PH .....	18
3.4. ANÁLISE DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA .....	18
3.5. RESULTADOS ENCONTRADOS.....	20
3.6. CONCLUSÃO DO ARTIGO .....	21
<b>4. METODOLOGIA DO ESTUDO DE CASO – PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA MINERAL</b> .....	<b>22</b>
<b>5. OBJETIVO</b> .....	<b>23</b>
<b>6. PROCESSOS DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
6.1. PROCESSO DE EXTRAÇÃO .....	24
6.2. PROCESSO DE ARMAZENAGEM .....	25
6.3. TANQUE DE ARMAZENAGEM DE ÁGUA .....	26
6.3.1. PROCESSO DE FILTRAGEM DE ÁGUA MINERAL SEM GÁS .....	27
6.3.2. PROCESSO DE FILTRAGEM DE ÁGUA MINERAL COM GÁS .....	28
6.4. PROCESSO DE ENVASAMENTO E ROSCAGEM DA TAMPA. ....	29
6.5. PROCESSO DE APLICAÇÃO DO RÓTULO .....	31
6.6. PROCESSO DE MARCAÇÃO DO LOTE, DATA DE FABRICAÇÃO E VALIDADE .....	32
6.7. TESTES DE QUALIDADE .....	33
6.8. PROCESSO DE EMBALAGEM .....	33
6.9. PROCESSO DE ESTOCAGEM .....	35
6.10. PROCESSO DE APLICAÇÃO DO FILME PLÁSTICO.....	35



---

<b>7. PRODUÇÃO DE GARRAFA PET.....</b>	<b>36</b>
7.1. FABRICAÇÃO DA GARRAFA PET .....	36
7.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA GARRAFA PET .....	37
7.2.1. ARMAZENAGEM .....	38
7.2.2. SECAGEM .....	38
7.2.3. ALIMENTAÇÃO.....	40
7.2.4. PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA .....	40
7.2.5. PROCESSO DE SOPRO .....	41
7.3. VERTICALIZAÇÃO .....	43
<b>8. ESTUDOS – GARRAFA PET .....</b>	<b>44</b>
<b>9. RECICLAGEM DO PET .....</b>	<b>46</b>
9.1. BENEFÍCIOS SOCIAIS: A RECICLAGEM GERA EMPREGOS .....	47
9.1.1. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS .....	47
9.1.2. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS .....	48
9.1.3. PREJUÍZOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO PLÁSTICO .....	49
9.1.4. DADOS RELEVANTES .....	49
9.2. SOLUÇÕES PROPOSTAS .....	50
9.2.1. USO DA MÍDIA .....	50
9.2.2. APLICATIVOS PARA DISPOSITIVOS COMO ANDROID/ iOS .....	50
<b>10. CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>GLOSSÁRIO DE NOTAÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS.....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A busca pelo consumo da água de qualidade se torna cada vez maior, tendo em vista suas propriedades, por ser extraída diretamente de fontes naturais, preserva suas características originais e proporciona ao ser humano inúmeros benefícios para a saúde. Baseado neste aspecto, a água mineral se torna vital para manutenção do corpo humano, com isso, observa-se uma grande demanda deste bem da natureza.

Dada a importância da água para manutenção da saúde e vida na Terra, este Trabalho de Conclusão de Curso foi iniciado com a elaboração do artigo "Análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas em 500ml comercializadas na cidade de Atibaia-SP" (apresentado a seguir), onde a análise do pH (potencial hidrogeniônico) que é o processo mais expressivo e determinante com relação à qualidade da água. A pesquisa foi realizada no laboratório da Instituição de Ensino FAAT – Faculdades Atibaia.

Na sequência, será apresentado o processo de mineração de água da Indústria Mineradora de Água e Bebidas Atibaiense, que tem como principal produto a água mineral Crystal Premium.

Durante a visita realizada pelo grupo no dia 04/11/2016, foi avaliado todo o processo da empresa, desde a extração até o armazenamento da água mineral. Foram levantados dados e esclarecidas as dúvidas diretamente com o responsável técnico, que detém 16 anos de experiência na área, além de prestar consultoria para outras empresas do mesmo ramo na região Bragantina.

Neste trabalho, também serão apresentadas as etapas para produção de garrafas PET, utilizadas no envasamento de água mineral, bem como os equipamentos e o tipo de tratamento realizado na matéria-prima. Além de alguns estudos realizados sobre layouts do processo e sobre a criação de protótipos através de impressão 3D (recurso utilizado nos laboratórios da instituição FAAT-Faculdades Atibaia). Também será citada a importância da verticalização na indústria mineradora de água, tendo em vista a associação da produção da garrafa Pet ao processo de extração, e ao engarrafe de água mineral. E por fim, a importância da reciclagem para o mercado, quanto a questão da sustentabilidade.

---

## 1.1. JUSTIFICATIVA

A definição do tema – Indústria Mineradora de Água, se deu pela vasta abrangência que o assunto proporciona, tendo o foco na atuação do Engenheiro de Produção, que tem como principal característica a capacidade de contribuir em diversas frentes profissionais.

A amplitude da análise da produção de água mineral permite analisar, de forma geral, todo o processo industrial, desde a extração da matéria-prima, passando pelos processos de transformação, análises de qualidade, padrões de aceitação, legislação, questões logísticas, estudos de viabilidade chegando até a abordagem ambiental.

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho acadêmico visa aplicar as análises realizadas através dos estudos desenvolvidos baseado nos conhecimentos adquiridos, no decorrer do curso de Engenharia de Produção.

Analisar o papel do Engenheiro de Produção, com suas criteriosas avaliações dos processos, possibilitando ampliar o aprendizado na preparação do profissional.

## 1.3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho é de cunho qualitativo e foi baseada em dois dos principais fatores, o produto água mineral, com sua principal propriedade e a indústria mineradora.

Dentro da análise de suas propriedades, no rótulo das embalagens de água mineral se identifica uma série de características a serem consideradas. São apresentados os elementos químicos que compõem cada tipo de água comercializada e estes itens são medidos por mg/L. Através destas informações são definidas algumas condições especificadas de cada tipo de produto.

Em paralelo a composição química, estão as avaliações físico-químicas da água, como por exemplo, medição do pH a 25 °C, temperatura da água na fonte, condutividade elétrica a 25°C e resíduos de evaporação a 180 °C. Estes dados nos

permitem entender em quais condições a água foi retirada da fonte e qual seu comportamento físico para consumo.

Baseado em todas estas informações, e avaliando o nível de importância de cada um dos componentes do rótulo, nos possibilitou definir o primeiro estudo deste trabalho acadêmico, a produção do artigo “Análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas em 500ml comercializadas na cidade de Atibaia-SP”.

Artigo este que está apresentado na íntegra neste Trabalho de Conclusão de Curso e em seguida temos toda a exploração do processo produtivo da água mineral e seus agregados.

O pH da água: Uma das principais propriedades da água mineral é o pH. Por esse motivo, foram analisadas, no laboratório da FAAT, seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas com 500ml.

Visita a Indústria: Para o estudo de caso, a indústria mineradora de água produtora da marca Crystal Premium (Atibaia-SP) abriu suas portas para mostrar o processo de fabricação e seus complementos. Fornecendo assim, informações importantes sobre a produção da garrafa PET, o envase e as análises ambientais.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Para desenvolver este projeto, foi usufruído da estrutura laboratorial da FAAT – Faculdades Atibaia. O laboratório de Química para análise do pH e o laboratório de Modelagem, para o uso dos softwares de desenhos e impressão 3D para confecção do protótipo da garrafa PET.

No estudo de caso, foram utilizadas as dependências da empresa “Indústria Mineradora de Água e Bebidas Atibaiense”, conhecida pela comercialização da água mineral Crystal Premium, local que possibilitou conhecimento dos processos para fabricação da água mineral.

### **3. ARTIGO - Análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas em 500ml comercializadas na cidade de Atibaia-SP**

**Resumo** – As questões ambientais e sociais que tratam o consumo da água para a manutenção da vida na Terra, estão cada vez mais frequentes e detalhistas. Tendo em vista a importância no que diz respeito a saúde da população, seja ele, pela falta de água ou ingestão quando não potável.

Baseando-se em tais questões, este artigo tem como objetivo comparar a medição real do pH (potencial hidrogeniônico) com nível apresentado no rótulo de seis diferentes marcas de água mineral, engarrafadas em 500ml, comercializadas na cidade de Atibaia-SP. O estudo aqui descrito se embasa na Portaria 2914 do 12/12/2011 do Ministério da Saúde, que orienta pH variando entre 6,0 e 9,5 para consumo humano.

Para que este estudo tenha qualidade e precisão nos dados obtidos, foram utilizados os procedimentos de aferição dos equipamentos, métodos corretos para realização do experimento e a análise das variações de temperatura relacionadas ao pH. Na avaliação dos resultados surgiram diferenças nos valores informados pelas marcas em detrimento aos valores medidos no experimento. Porém estas diferenças estão compreendidas dentro da faixa de pH estabelecida pela legislação vigente.

**Abstract-** Environmental and social issues that deal with consumption of water to the maintenance of life on Earth are becoming more frequent and detail oriented. Aspect that increasingly we must pay attention to the risk that the lack of water or consumption of non-potable water can damage the health of people. Based on it, this article aims to compare the current measurement of pH (hydrogen potential) with level shown on the label of six different brands of mineral water bottled in 500ml marketed in Atibaia city, at São Paulo state. The study described here it was supported on Decree 2914 of 12/12/2011 of the Ministry of Health, which directs to human consumption that the potable water must meet the pH ranging from 6.0 to 9.5. For this study to have quality and accuracy of the data obtained were used the equipment calibration procedures, correct methods to the experiment and the analysis of

temperature variations related to pH. In assessing, the results met differences in values reported by the brands with the values.

### **3.1. INTRODUÇÃO**

Avaliando a importância da água para manutenção da saúde e os aspectos que estão diretamente relacionados à sua potabilidade para ingestão humana, se faz necessário o controle rigoroso nos parâmetros que tangem a qualidade do produto a ser consumido. Atualmente no Brasil, a Portaria 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde regulamenta e define as especificações a serem controladas de forma a garantir a potabilidade para consumo.

Sendo efetivada então a afirmação de que a empresa: “Dispõe de procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011).

No seu artigo 39, parágrafo primeiro, recomenda que, para o consumo humano, o pH deve ser mantido entre 6,0 e 9,5. Baseado nesta referência e na importância de avaliar aspectos vitais de qualidade da água para ingestão, foi realizado, no Laboratório de Análise Químicas das Faculdades Atibaia – FAAT, a análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral, engarrafadas em 500ml, comercializadas na cidade Atibaia-SP. Esta análise, tem como objetivo principal, comparar o nível de pH informado no rótulo das garrafas com o real ensaiado em laboratório.

### **3.2. MATERIAIS**

Para a análise do pH das seis diferentes amostras de água mineral foi utilizado o pHmetro, instrumento dedicado a medição do pH.

O processo de aferição, deve ser realizado antes das medições, pois, possui grande importância para garantir precisão e qualidade nos resultados. Para que isto aconteça, existe uma amostra padrão, com valor conhecido e garantido pelo seu fabricante, sendo medido pelo instrumento a ser aferido e possibilitando o ajuste da escala para o valor padrão. O procedimento de aferição deve ser realizado por um

---

profissional qualificado, capaz de avaliar e garantir que o equipamento em questão está apto a ser utilizado.

### **3.2.1. MATERIAIS PARA A AFERIÇÃO DO PHMETRO**

No processo de aferição do pHmetro, foram utilizados os seguintes materiais:

pHmetro (precisão da medição de  $\pm 0,05$  unidades de pH);

Água destilada;

Pisseta;

Becker;

Solução Tampão pH 4,00 de Biftalato de Potássio/Hidróxido de Sódio, item padrão para aferição).

### **3.2.2. PHMETRO E SEUS COMPONENTES**

O pHmetro é um equipamento composto por eletrodo conectado a um potenciômetro. A medição realizada pelo pHmetro é dada pela tensão gerada após o contato do eletrodo com a amostra a ser medida. Seu funcionamento consiste em submergir o eletrodo na amostra, gerando tensão no eletrodo (medida em milivolts). O pHmetro converte o valor da tensão medida em unidades de pH, a escala usual para valores de pH varia de 0 a 14, onde o valor "0" é tido como o valor da extremidade ácida, "7" o valor neutro e "14" o valor da extremidade alcalina. A Figura 1 ilustra o pHmetro utilizado na análise das seis amostras do teste.

### 3.2.3. MATERIAIS PARA PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO PH

No procedimento de medição do pHmetro foram utilizados os seguintes materiais:

pHmetro (precisão da medição de  $\pm 0,05$  unidades de pH);

Becker;

Proveta;

Agitador magnético;

Água destilada;

Água das amostras;

Pisseta.



Figura 1 - Imagem que ilustra o pHmetro.

### 3.3. METODOLOGIA DO ARTIGO

A metodologia deu-se através de análise de materiais para elaboração do artigo aqui publicado, e tem como foco principal a avaliação do pH das seis amostras de



água mineral, engarrafadas em 500 ml, comercializadas na cidade Atibaia, no Estado de São Paulo.

Após a aferição do pHmetro, separou-se as amostras, previamente selecionadas, denominadas em A, B, C, D, E e F. Esta denominação existe com o intuito de preservar a imagem dos fabricantes, exemplificado na Figura 2.



Figura 2 - Amostras para análise de pH

### 3.3.1. PROCEDIMENTO DE AFERIÇÃO DO PHMETRO

Para a aferição do pHmetro primeiramente o sensor (eletrodo) é esterilizado com água destilada, lavando-o com água destilada. Posteriormente, é necessário que ele seja totalmente seco para que não permaneça qualquer resíduo da substância anterior.

Após realizar a limpeza, o eletrodo é submergido em um Becker com a solução "Tampão" (pH 4,00). Dessa forma, com o pH estabelecido, se torna possível garantir a eficácia dos testes. Caso o resultado da aferição não atinja o pH estipulado na solução "Tampão", se faz necessário nova higienização do sensor. Permanecendo o não atendimento ao valor, será necessária uma nova calibração e/ou manutenção do equipamento. Na Figura 3 demonstra-se a aferição do pHmetro com a solução Tampão.



Figura 3 - Aferição do pHmetro com a solução Tampão

### 3.3.2. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO PH

Colocar água da primeira amostra em uma Proveta atingindo 50 ml, em seguida transferir esta água para o Becker, colocando a pastilha magnética dentro desse recipiente e levando o Becker ao agitador magnético. Ligar o agitador e submergir o sensor, após 10 segundos desligar o agitador, aguardar por 3 minutos para que o pHmetro estabilize para realização da leitura. Depois de feita a medição, o sensor, o Becker, a Proveta e a pastilha são lavadas com água destilada, enxugados para que o procedimento seja realizado em uma nova amostra.

### 3.4. ANÁLISE DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

A Tabela 1 (adaptada do site CHEMGUIDE, 2002) apresenta a alteração dos valores de pH da água ocorridos pela variação de temperatura. Observa-se que com a mudança da temperatura da água, ocorre também alteração do  $K_w$ .

As letras  $K_w$  são atribuídas a constante conhecida como produto iônico da água ou constante de ionização. Utiliza-se a letra “w” junto a constate “K” pois se trata da inicial da palavra em inglês water, água.

O pH varia inversamente em relação a temperatura e ao  $K_w$ . Quando ocorre o aumento da temperatura ocorre a redução do pH.

Os valores informados pelos fabricantes nos rótulos das embalagens de água mineral utilizadas no experimento foram todos apresentados com o pH medido a temperatura de 25°C.

A 25°C encontramos o pH de 7, valor comumente utilizado como padrão de referência.

T (°C)	$K_w$ ( $\text{mol}^2 \text{dm}^{-6}$ )	pH
0	$0.114 \times 10^{-14}$	7.47
10	$0.293 \times 10^{-14}$	7.27
20	$0.681 \times 10^{-14}$	7.08
<b>25</b>	<b><math>1.008 \times 10^{-14}</math></b>	<b>7.00</b>
30	$1.471 \times 10^{-14}$	6.92
40	$2.916 \times 10^{-14}$	6.77
50	$5.476 \times 10^{-14}$	6.63
100	$51.3 \times 10^{-14}$	6.14

Tabela 1 - Efeito da temperatura nos valores de pH

Como mencionado na Tabela 2, realizou-se o experimento com a temperatura a 27°C, diferente da temperatura informada nos rótulos das garrafas, que é 25°C.

Observando a Tabela 1, notamos uma pequena alteração dos valores de pH, de 0,08 em 5°C, compreendidos entre as temperaturas de 25°C e 30°C. Comparando a temperatura do experimento com os valores informados pelos fabricantes existia uma variação de 2°C. Esta variação dos valores de pH é inferior ao valor de 0,08 (encontrado na Tabela 1), portanto desprezível, para uma variação de temperatura de 5°C para do experimento em questão.

### 3.5. RESULTADOS ENCONTRADOS

Com o método para análise definido, o equipamento aferido e as análises de temperatura concluídas, finalizamos os experimentos.

A Tabela 2 apresenta o comparativo das seis amostras que foram consideradas.

Na primeira coluna temos a denominação das amostras (A, B, C, D, E e F), seguidos pelas colunas do “Rótulo” (exemplifica o nome da amostra), “pH indicado” (valor de pH indicado pelo fabricante no rótulo da embalagem), “pH medido” (valor medido através do experimento em laboratório), “Diferença” (diferença do pH medido e o pH indicado), “Variação” (variação percentual do pH medido comparado ao pH indicado), “pH Ideal” (valor de pH tido como neutro e ideal) e finalizando a tabela com a coluna “Temp. °C” (temperatura considerada no experimento em graus Celsius). Este comparativo também é demonstrado através do Gráfico 1.

Amostra	Rótulo	pH indicado	pH medido	Diferença	Variação	pH Ideal	Temp. °C
A	Amostra A	7,21	7,01	-0,2	-2,85%	7	27
B	Amostra B	7,28	7,3	0,02	0,27%	7	27
C	Amostra C	8,39	7	-1,39	-19,86%	7	27
D	Amostra D	6,17	6,81	0,64	9,40%	7	27
E	Amostra E	6,48	6,79	0,31	4,57%	7	27
F	Amostra F	6,43	6,89	0,46	6,68%	7	27

Tabela 2 - Comparativo pH indicado x pH medido

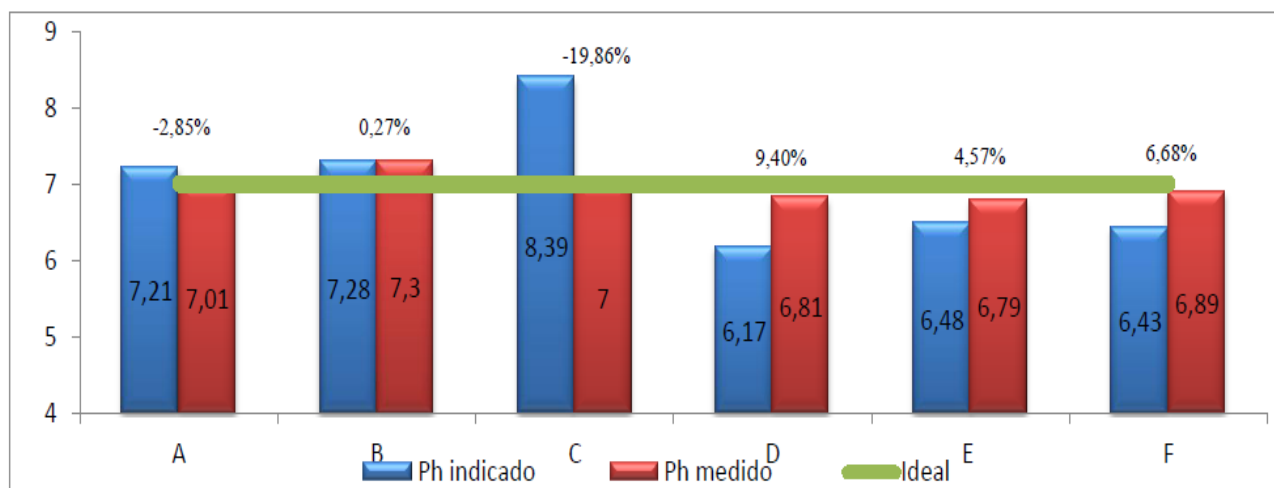


Gráfico 3 – Comparativo

O gráfico mostra as variações entre os valores indicados pelos fabricantes e as medições realizadas:

Amostra “A”: valor medido apresentou pH inferior ao indicado, variação de - 2,85%;

Amostra “B”: valor medido apresentou pH superior ao indicado, variação de 0,27%;

Amostra “C”: valor medido apresentou pH inferior ao indicado, variação de - 19,86%;

Amostra “D”: valor medido apresentou pH superior ao indicado, variação de 9,40%;

Amostra “E”: valor medido apresentou pH superior ao indicado, variação de 4,57%;

Amostra “F”: valor medido apresentou pH superior ao indicado, variação de 6,68%.

### **3.6. CONCLUSÃO DO ARTIGO**

Através da análise realizada com as seis diferentes marcas de água mineral, engarrafadas em 500ml, comercializadas na cidade de Atibaia-SP, seguindo os procedimentos de aferição dos equipamentos e do método de análise, os valores de pH indicado no rótulo dos fabricantes foram confrontados com o pH encontrado no experimento em laboratório confirmando a existência de variações nos dados obtidos entre o valor informado para o valor medido. Porém, estes valores estão compreendidos dentro da faixa estipulada pelo Ministério da Saúde para consumo humano, com isso, concluímos que apesar da diferença, em alguns casos atingindo grandes variações, exemplo 19,86%, não são valores de pH que excederam o range previsto na lei, mantendo sua comercialização dentro da legislação vigente.

## 4. METODOLOGIA DO ESTUDO DE CASO – PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA MINERAL

Neste capítulo, é realizada a apresentação do processo de produção de água mineral, analisado na Indústria Mineradora de Água “Bebidas Atibaense”.

A Figura 4 descreve a sequência das etapas a serem seguidas. A numeração dos itens na tabela representa o fluxo do processo de produção de Água Mineral.

Primeiramente ocorre a extração de água (1) utilizando bombas para retirada da do aquífero, sendo transportada para o tanque de armazenagem (2) através de tubulações de aço inoxidável. A próxima etapa é a retirada de qualquer sólido, para isso a empresa se utiliza de dois tanques de areia para filtragem (2.1 e 2.2). Na sequência, para garantia de qualidade existem mais dois tanques adicionais de filtragem (2.3 e 2.4).

Para produção de Água Mineral com Gás, se encontra disponível uma linha que fornece amônia ao sistema (3.1 e 3.2) que serve para refrigerar a água que atravessa o tanque de resfriamento (4). Em paralelo, fica a linha de abastecimento e lavagem das garrafas (5.1 e 5.2). O processo de envasamento está exemplificado no item 5, seguido dos processos de lacre, rótulo e carimbo com a data de fabricação. Finalizando o fluxo, os processos de inspeção e embalagem.

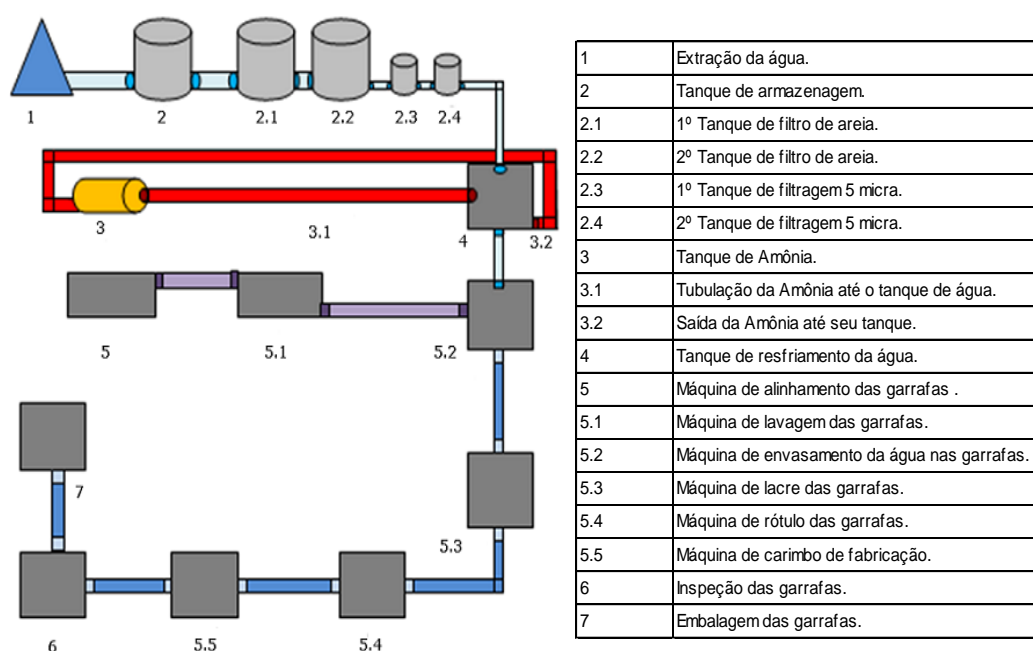


Figura 4 - Fluxo do Processo

---

## **5. OBJETIVO**

O objetivo deste capítulo é apresentar o fluxo de extração, produção, embalagem e análises de qualidade para produção de água mineral.

Descrever o processo produtivo completo, as etapas de fabricação e os equipamentos utilizados.

## 6. PROCESSOS DE PRODUÇÃO

O processo de fabricação da água mineral apresenta as seguintes etapas:

- Extração;
- Armazenagem;
- Filtragem para água sem gás;
- Filtragem para água com gás e inserção do gás;
- Envasamento;
- Rosquear a tampa;
- Aplicação do rótulo;
- Marcação do lote, data de fabricação e validade;
- Teste de Qualidade;
- Embalagem;
- Divisão por palete e envolver o produto com o filme plástico;
- Estocagem.

A água recebe controle de qualidade durante as etapas destes processos, com o objetivo de garantir sua potabilidade para consumo.

### 6.1. PROCESSO DE EXTRAÇÃO



Figura 5 - Processo de Extração



O processo de extração ocorre através de bombas, que realizam a sucção da água extraída do aquífero e a transfere para os tanques de armazenagem.

Toda a tubulação é feita de aço inoxidável, material extremamente resistente à corrosão, para que com o passar do tempo não ocorra a contaminação da fonte.

Esse processo exige um ambiente fechado, pois, todo o equipamento precisa estar protegido e apenas os responsáveis pela manutenção e controle devem ter acesso. Essas máquinas exigem um controle constante e uma manutenção preventiva extremamente eficaz.

Componentes da sala de extração:

- Bombas (Equipamento utilizado para extração do aquífero);
- Manômetros (Instrumento para medir a pressão);
- Termômetros;
- Medidor de pH (Potencial hidrogeniônico) – pHmetro;
- Tubulações (Aço inoxidável).

Observação: O controle do pH é feito de forma manual, ou seja, não possui nenhum dispositivo que emita um alerta quando ocorre a variação do pH. A periodicidade da medição garante a manutenção do pH nos limites aceitáveis.

## **6.2. PROCESSO DE ARMAZENAGEM**

Após a extração realizada pelas bombas e transporte feito através das tubulações, a armazenagem é feita em um tanque de 60.000 litros, também fabricado em aço inoxidável.

Esse material inox não oxida, pois, quando um metal entra em contato com o ar, o cromo (existente no aço inox) se liga rapidamente ao oxigênio, formando um composto denominado óxido de cromo. Esse composto se adere fortemente no metal, formando uma película que o protege dos efeitos da oxidação. Caso ocorra o rompimento da película, o cromo é rapidamente recuperado, de modo que o aço se mantém com a mesma qualidade inicial. O acabamento dos tanques de água pode ser polido, ao brilho ou escovado.

O processo de armazenagem de água mineral deve obedecer a uma série de normas estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros<sup>1</sup>, DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral)<sup>2</sup> e Anvisa<sup>3</sup>. Todos esses requisitos devem ser atendidos, evitando bactérias no sistema, pois, qualquer tipo de contaminação pode afetar a saúde de milhares de pessoas, além das indenizações, caso seja confirmado, a marca terá sua imagem extremamente prejudicada.

Esse tanque possui um medidor de nível. Se estiver cheio, a válvula de fluxo se fecha, impedindo que sua capacidade máxima especificada seja ultrapassada.



Figura 6 - Tanque de armazenagem

### **6.3. TANQUE DE ARMAZENAGEM DE ÁGUA**

Em todo processo ou projeto de máquinas e equipamentos o cumprimento de normas, legislações e obrigações são extremamente necessárias, para os tanques de armazenagem segue-se a Norma Técnica Sabesp NTS 231:2014-Rev.1<sup>4</sup>, legislação que apresenta todas as especificações para fabricação e instalação dos tanques.

Para os materiais do corpo do reservatório, as chapas utilizadas na fabricação devem ser em aço carbono ASTM<sup>5</sup> A-283<sup>6</sup> Gr C ou superior e devem ser

acompanhadas do certificado da usina produtora da matéria-prima. Os perfis estruturais devem apresentar certificados de qualidade.

O projeto deve ser desenvolvido conforme NBR 7821<sup>7</sup>. A Sabesp fornecerá ao fabricante do reservatório metálico o projeto da fundação e base do reservatório. O projeto mecânico detalhado deve ser apresentado à Sabesp para aprovação e certificação, contendo desenhos e memorial de cálculo, compreendendo:

- Fundo e poço de saída;
- Costado;
- Teto, suportes e tensões na chaparia;
- Verificação da estabilidade do costado e teto, sob a carga simultânea de pressão e vácuo;
- Verificações de tensão devido às cargas localizadas e reações sobre os bocais, portas e acessos de inspeções.

### 6.3.1. PROCESSO DE FILTRAGEM DE ÁGUA MINERAL SEM GÁS



Figura 8 - Filtros de areia 1 e 2



Figura 7 - Filtro 5 Micra

Na fábrica estudada, o processo de filtragem ocorre primeiramente em dois filtros de areia que tem a mesma função e são colocados em série para que ocorra

uma dupla filtração, ou seja, eles retiram pequenos sólidos de 5 a 25 micra que foram extraídos dos aquíferos juntamente com a água.

A areia utilizada na filtração de água pode ser “agulhada” formando ângulos (a melhor opção) ou de padrão normal, com perfil arredondado.

Filtros de areia retiram também particulados, turbidez e uma pequena quantidade de material emulsionado na forma coloidal ou emulsão.

Após a água passar pelo segundo filtro, ela é enviada para um terceiro, que retira partículas maiores que 5 micras e faz a filtração química da água retirando o gosto e cheiro antes da etapa de envase.

Observação: Antes do envase, existe um quarto filtro igual ao terceiro (prezando apenas pela qualidade, não existe norma que exija essa etapa).

### **6.3.2. PROCESSO DE FILTRAGEM DE ÁGUA MINERAL COM GÁS**

O processo da água com gás e sem gás são semelhantes, porém algumas etapas se diferenciam.

A água passa por dois tanques de filtração, onde é removida a areia da mesma, em seguida passa por duas filtrações de 5 micra que permite maior purificação, similar ao processo da filtração de água sem gás.

Após a filtração, a água é enviada para o tanque refrigerado por amônia para ser resfriada. Posteriormente a esta etapa, a água segue para o reservatório onde ocorre a mistura do gás carbônico, gerando a água mineral gaseificada. Finalizando esse processo, o produto é encaminhado segue para ser envasado.

A amônia é armazenada em um tanque compressor, ele a envia em estado gasoso para a máquina, que a devolve em seu estado líquido. Este agente é utilizado no processo, pois, quanto mais fria estiver a água, menor concentração de gás é necessário.

## 6.4. PROCESSO DE ENVASAMENTO E ROSCAGEM DA TAMPA.



Figura 9 - Lavagem das garrafas (1)



Figura 10 - Envasamento da água (2)



Figura 11 - Roscagem da tampa (3)

Nesse percurso, primeiramente dois operadores abastecem o equipamento com as garrafas vazias. Seguindo em uma única linha de produção, esta máquina as posiciona e envia para a etapa de lavagem, onde um forte jato é lançado para dentro da garrafa que está de cabeça para baixo. Durante o transporte para o próximo estágio, ela chega praticamente seca para o envasamento.

O equipamento é programado com a quantidade exata de água que deve ser colocada dentro das garrafas, com isso não existe desperdício da matéria prima.

Quando a garrafa está envasada, na mesma linha de produção, um outro equipamento realiza a roscagem da tampa (3), deixando-a assim pronta para a próxima fase. A lavagem das garrafas é utilizada como higienização, atendendo as exigências seguidas pela empresa. Esta água é reutilizada para lavagem de pisos e demais áreas.

## 6.5. PROCESSO DE APLICAÇÃO DO RÓTULO



Figura 12 – Aplicação do rótulo

Após, as garradas seguem enfileiradas até o momento de aplicação do rótulo. Pinos descem, fixam as garrafas e às giram, para passar pelo rolo que contém os rótulos autoadesivos (estes rótulos precisam estar precisamente posicionados na altura desejada). A própria rotação ocasionada pelo equipamento, faz com que a embalagem saia devidamente rotulada, prosseguindo para a próxima etapa.

## 6.6. PROCESSO DE MARCAÇÃO DO LOTE, DATA DE FABRICAÇÃO E VALIDADE



Figura 13 – Marcação do lote, data de fabricação e validade

Como em qualquer outro produto alimentício, a água mineral precisa apontar as informações como:

- Lote;
- Data de fabricação;
- Validade.

Isso é uma segurança tanto para o consumidor, quanto para a fabricante, pois, se houver qualquer denúncia comprometendo a qualidade do produto, através dessa marcação será possível rastrear o lote e obter mais informações à respeito do problema. Caso seja confirmada, será necessário retirar todas as garrafas do mercado, comunicando os clientes ou até mesmo emitindo um anúncio a nível nacional.

Na linha de produção, antes da marcação (feita por laser) destas informações, existe uma mangueira, que na ponta, está conectada a uma conexão pneumática, quando a garrafa passa, essa mangueira emite um jato de ar, deixando-a sem nenhum resíduo para que as informações sejam perfeitamente gravadas pela máquina.

Observação: os lotes são separados por dia de produção e possui informações como: data e hora de fabricação.



## 6.7. TESTES DE QUALIDADE



Figura 14 - Manômetro acoplado



Figura 15 - Termômetro

1ª etapa – Medidor de pH posicionado na saída das bombas que realizam a extração;

2ª Etapa – Para Água Mineral com gás:

O operador acopla um manômetro na tampa e agita a garrafa. No teste, o equipamento apontou 1,93 bar a 6.5°C, o que indica que a água está com os padrões de qualidade adequados.

## 6.8. PROCESSO DE EMBALAGEM



Figura 16 - Garrafas separadas em 12 unidades



Figura 17 - Garrafas com o filme plástico



Figura 18 - Fardo pronto para armazenagem

As garrafas seguem na mesma linha de produção, o equipamento separa em 12 unidades e aplica um filme de plástico. Em seguida, elas passam dentro de um forno que as aquece, formando assim um fardo para facilitar a armazenagem.

## 6.9. PROCESSO DE ESTOCAGEM

Ao sair da linha de produção, os operadores retiram os fardos de 12 unidades e colocam em cima de um pallet. Finalizada a embalagem, são posicionados no pátio e ficam disponíveis para carregamento do caminhão.



Figura 19 - Armazenagem

## 6.10. PROCESSO DE APLICAÇÃO DO FILME PLÁSTICO

As garrafas chegam empilhadas em um pallet e são posicionadas na base do equipamento.

A máquina que já possui programação nos eixos X,Y e Z, começa a rotacionar um rolo de filme plástico, formando um único fardo.

---

## 7. PRODUÇÃO DE GARRAFA PET

Dentro das etapas de envasamento da Água Mineral, existem empresas mineradoras que realizam a fabricação das Garrafas PET.

Este processo existe na fábrica da Crystal Premium, que é a fonte de pesquisa para realização deste trabalho.

Em linhas gerais, as empresas que optam em implantar essa etapa em suas fábricas estão buscando:

- Redução no custo logístico, com transporte das garrafas, pois, se trata de um item volumoso com baixo valor agregado;
- Fluxo contínuo, reduzindo estoques intermediários e redução no tempo de atravessamento (*lead time*) do processo;
- Maior controle da qualidade do produto a ser fornecido;
- Flexibilidade para atender as variações de demanda do mercado.

Seguindo este texto, será apresentado o processo de fabricação da garrafa PET, posteriormente, a importância da reciclagem do PET e em seguida a justificativa da produção da garrafa PET dentro da indústria mineradora de água através da verticalização.

### 7.1. FABRICAÇÃO DA GARRAFA PET

Para fabricação da Garrafa PET, utiliza-se a matéria-prima Politereftalato de Etileno (PET), onde é permitido conter uma cota de material reciclado em sua composição (conforme informação técnica recebida de profissionais do ramo, aproximadamente 10% de material reciclado é permitido nas garrafas PET).

O PET - Politereftalato de Etileno é um poliéster, polímero termoplástico.

O PET apresenta-se como a principal matéria-prima na produção de garrafas para envase de água, entre outros produtos:

*“PET é o melhor e mais resistente plástico para fabricação de garrafas, frascos e embalagens para refrigerantes, águas, sucos, óleos comestíveis, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, destilados, isotônicos, cervejas, entre vários outros, proporcionando alta resistência mecânica (impacto) e química,*

*suportando o contato com agentes agressivos. Possui excelente barreira para os gases e odores. Por isso é capaz de conter os mais diversos produtos com total higiene e segurança – para o produto e para o consumidor.*

*A embalagem de PET tem mostrado ser o recipiente ideal para a indústria de bebidas em todo o mundo, reduzindo custos de transporte e produção, evitando desperdícios em todas as fases de produção e distribuição. (Citação extraída do site ABIPET sobre as qualidades e características do PET)”*

## 7.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA GARRAFA PET

Para produção da garrafa PET, primeiramente é necessário fabricar a pré-forma, item produzido através do processo de injeção plástica, permitindo a conformação da rosca e a preparação do corpo da garrafa.



Figura 20 - Pré-forma

Após a fabricação da pré-forma, é produzida a garrafa através do processo de sopro, onde conformamos as diversas formas e tamanhos de garrafas que encontramos atualmente no mercado.



Figura 21 - Garrafas PET

Etapas do processo de produção da garrafa:

- 1º Armazenagem;
- 2º Secagem;
- 3º Alimentação;
- 4º Processo de Injeção Plástica;
- 5º Processo de Sopro

Após essas etapas, a linha de produção é abastecida no momento de envase de Água Mineral.

### 7.2.1. ARMAZENAGEM

A resina PET é o principal componente para fabricação da garrafa, com isso deve ser armazenada em locais com baixa humidade, identificando a localidade por tipo, cor e quantidade, garantindo assim a fácil localização do item no estoque para que não ocorra a mistura durante o processo industrial.



Figura 23 - Resina PET



Figura 22 - Armazenagem da Resina PET

### 7.2.2. SECAGEM

No processo de injeção plástica, a secagem da matéria-prima é umas das etapas mais críticas e com o maior grau de importância. O PET, sendo um material higroscópico (propriedade do material para absorver água) absorve a água do ambiente durante sua armazenagem, mesmo que garantida as condições informadas

anteriormente. Com isso, o processo de secagem se faz necessário para que a máquina Injetora não seja abastecida com a resina úmida.

Se a injetora for alimentada com resina contendo graus elevados de umidade, sofrerá uma rápida degradação (hidrólise), conseqüentemente perderá suas propriedades físicas. Para evitar esse problema, na maioria dos casos as empresas utilizam um secador industrial, que através da inserção de ar quente e seco na resina, retira a umidade e disponibiliza o material em condições ideais para ser inserido na máquina injetora.



Figura 24 - Secadora

Para se ter um processo de secagem eficiente do PET:

- Temperatura do grão na saída do secador entre 160°C a 180°C;
- O ar quente e seco aplicado no secador não deve exceder 190°C (medido na entrada do secador), para não ocorrer degradação do material, ou seja, quebra das moléculas do material, perdendo suas propriedades iniciais;

- Os grãos devem suportar períodos de 4h na estufa de secagem, porém, tempos muito elevados podem gerar degradação do material.

Seguindo estas observações, o material será de melhor qualidade.

### 7.2.3. ALIMENTAÇÃO

Em seguida a secagem da matéria-prima ocorre o processo de alimentação da máquina injetora, onde o material é depositado no silo, podendo ser de forma automática, utilizando uma tubulação que o interliga à máquina, ou de forma manual utilizando um recipiente de transferência.

### 7.2.4. PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Utiliza-se o equipamento com capacidade, tamanho e força de fechamento conforme os padrões necessários para a produção de cada tipo de pré-forma.



Figura 25 - Máquina Injetora

Existe um molde para formação das pré-formas, que irá dentro da máquina injetora, onde o material aquecido irá percorrer suas capilaridades, atingindo o modelo das pré-formas determinadas.





Figura 26 - Molde de Injeção



Figura 27 - Molde de Injeção Pré-forma

Quando a máquina injetora é alimentada com matéria-prima, no canhão do equipamento existe um fuso com rosca sem fim, com temperatura, velocidade e pressão bem definidas. Dentro deste canhão acontece o aquecimento da resina, que nesse momento altera seu estado físico, sendo assim cada equipamento atinge um range de temperatura que varia entre 265°C a 305°C.

No processo, o fuso se movimenta injetando o material com alta pressão dentro do molde. Este, deve estar com a temperatura baixa, devido à circulação de água em seu interior, para que o processo de resfriamento da pré-forma seja rápido.

Ao final desta etapa, a pré-forma está pronta e será disponibilizada para o processo de sopro.

### **7.2.5. PROCESSO DE SOPRO**

Para o processo de produção da garrafa são utilizados a máquina e o molde de sopro. Através da inserção de ar quente na pré-forma, que está acondicionada no molde dentro do equipamento, ocorre a expansão do material contra a parede do molde, formando a garrafa PET.



Figura 28 - Molde de Sopro



Figura 29 - Molde de Sopro



Figura 30 - Maquinário Completo

---

Finalizada a fabricação, a garrafa será disponibilizada para a linha de envase de água mineral, seguindo o processo de produção informado inicialmente.

### **7.3. VERTICALIZAÇÃO**

Dentre diversos assuntos que podem ser abordados quando se trata de indústrias mineradoras de água e demonstrando aparentemente estar contra uma grande parte delas, a verticalização do processo de produção da garrafa PET se apresenta como um fator de extrema relevância para otimização dos recursos da empresa e redução de custos para a produção de água mineral.

A verticalização consiste em “produzir internamente tudo o que puder”. As empresas que compram garrafas PET, ao transportá-las, devido ao grande volume e baixo peso, podemos dizer que ocorre um transporte de ar, com as garrafas sendo produzidas em um fornecedor e transportadas até a indústria responsável pelo envase de água mineral.

Uma linha de raciocínio rápido seria: um caminhão que transporta 1.000 garrafas PET de 500ml, está transportando 500.000ml de ar, que não será aproveitado e não agregará nenhum valor ao produto. Se a empresa optar em adquirir equipamentos para fazer a pré-forma e soprar a sua garrafa na linha de produção, ela não precisará pagar o frete desse transporte de “ar”.

No cenário atual, onde nossa logística de transporte está com foco total no modal rodoviário, com o custo de frete extremamente alto, devido a diversos fatores como, condições de estradas, custo de combustível, entre outros; conclui-se que a verticalização da fabricação da garrafa PET se apresenta como um aspecto bastante atraente para o processo de produção de água mineral, pois, propicia flexibilidade para a variação de demanda, redução de custo, domínio sobre a própria tecnologia no desenvolvimento e produção da garrafa.

Outro fator de extrema relevância que a resina PET apresenta é sua capacidade de ser reciclada pós-uso, assunto abordado a seguir, que além do impacto ambiental, a reciclagem do PET nos traz benefícios sociais e econômicos que movimentam um grande mercado produtor e consumidor.

## 8. ESTUDOS – GARRAFA PET

Considerando uma empresa verticalizada na produção da garrafa PET, de modo a exemplificar o fluxo do processo para fabricação de garrafa PET foi desenvolvido um layout com o objetivo de apresentar o sequenciamento das atividades.

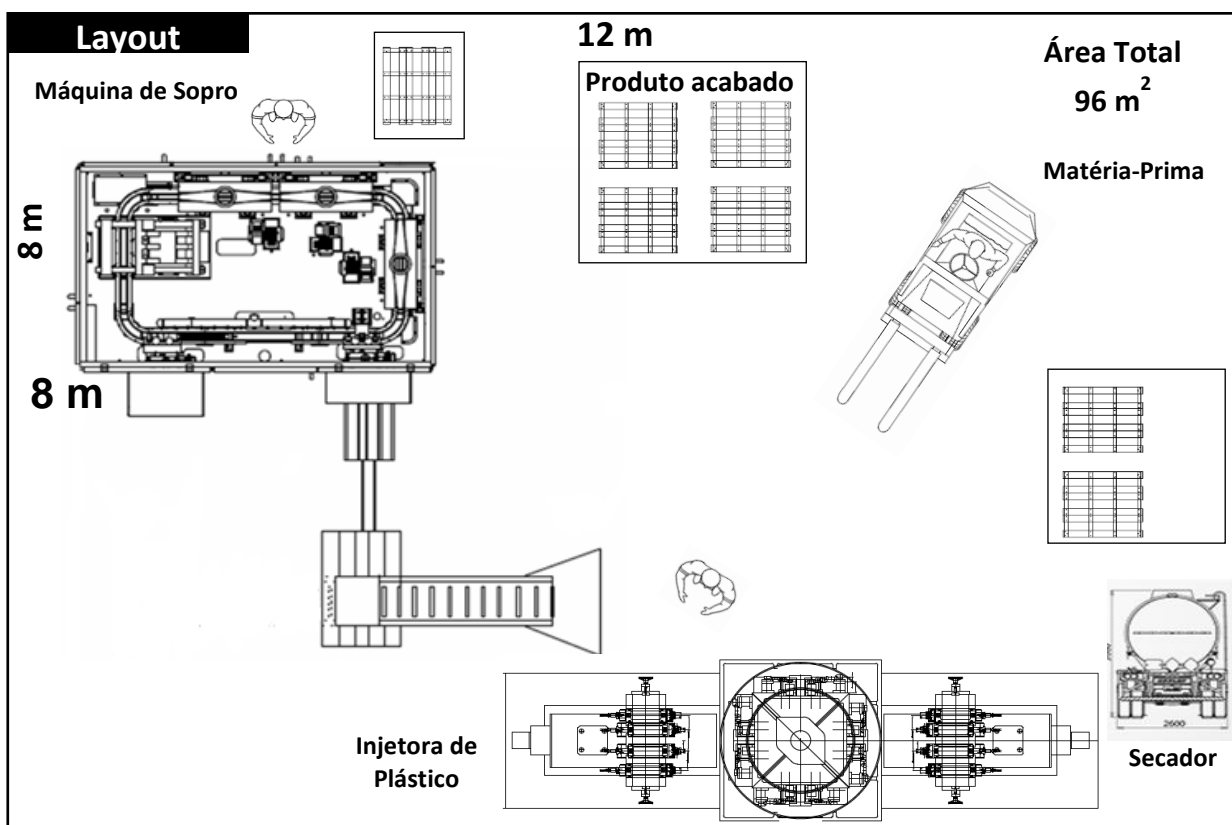


Figura 31 - Layout produção de garrafa PET

No layout se observa a distribuição das máquinas através do arranjo físico e como ocorre a interação entre os elementos do processo.

O arranjo físico foi desenvolvido observando todos os aspectos de instalações industriais, fluxo de material e balanceamento das operações.

Como atividade para avaliação do desenvolvimento da garrafa, através da impressora 3D disponibilizada pela FAAT-Faculdades Atibaia, foi possível a construção de um protótipo, com o objetivo de avaliar as condições de projeto do produto.



Figura 32 - Garrafa PET sendo impressa na impressora 3D

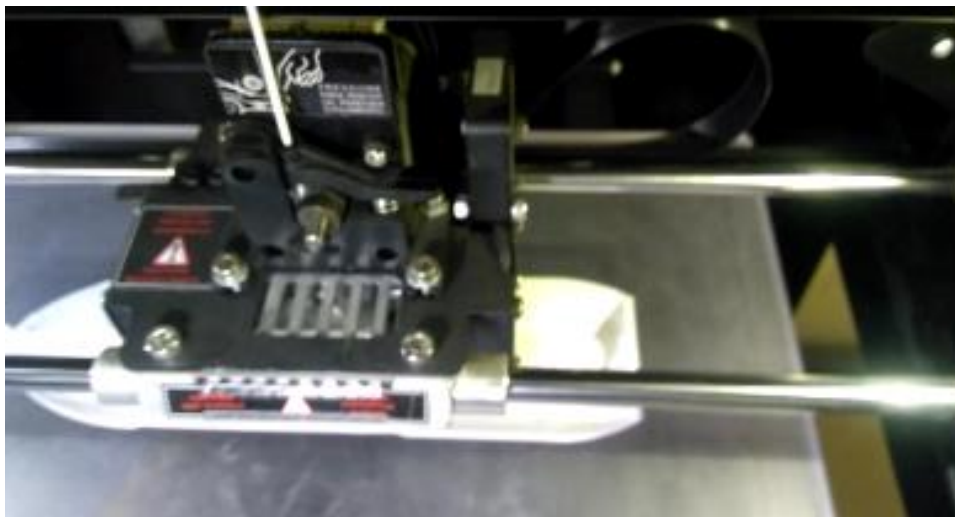


Figura 33 - Garrafa PET sendo impressa na impressora 3D

## 9. RECICLAGEM DO PET

Hoje em dia, a palavra sustentabilidade está em foco em praticamente todo o mercado. Isso se faz necessário devido ao uso excessivo de matéria-prima e descarte incorreto que as empresas/população estão realizando.

As indústrias precisam enxugar ao máximo seus processos, fazendo apenas o uso dos materiais necessários e devem buscar aqueles que irão agredir menos o meio ambiente. Enquanto a população precisa se preocupar principalmente com o descarte pós-uso.

Em 2010 mais de 262 mil toneladas de PET foram reciclados, o que gira em torno de 55,6% do total dos produtos fabricados com esse material no país (47% desse montante foi coletado através dos catadores que estão espalhados pelo país).

A reciclagem de garrafas PET tem grande papel nessa busca em garantir que as futuras gerações tenham a mesma abundância de recursos que os habitantes do planeta terra possuem atualmente, pois, o plástico é um grande vilão que leva aproximadamente 400 anos para se decompor na natureza. Essa atividade também compõe o tripé da sustentabilidade:



Figura 34 – Tripé da sustentabilidade  
FAAT – Faculdades Atibaia

## 9.1. BENEFÍCIOS SOCIAIS: A RECICLAGEM GERA EMPREGOS



Figura 35 - A reciclagem gera empregos

A reciclagem é responsável por alimentar muitas famílias no Brasil (2º maior país em reciclagem de PET do mundo), os catadores e trabalhadores de cooperativas conseguem se sustentar através desse trabalho fantástico. Pessoas que poderiam passar fome, pedir dinheiro nas ruas ou até mesmo estar cometendo crimes em uma tentativa desesperada, hoje conseguem viver de forma digna através do que é considerado lixo para a maioria.

### 9.1.1. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS



Figura 36 - Benefícios econômicos

O crescimento da indústria recicladora do PET no Brasil está cada vez maior, hoje conta com cerca de um terço de todo o faturamento que o PET trás para a economia do Brasil. Se tornou uma indústria economicamente viável, sustentável e funcional.

Como qualquer outra empresa, gera emprego, renda, impostos para o governo e demais benefícios. Tem um mercado em ascensão, com crescimento de aproximadamente 11% ao ano desde 2000, o que permite planejar novos investimentos e novas ideias para o uso de plástico reciclado.

### 9.1.2. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A reciclagem das garrafas PET traz inúmeros benefícios para o meio ambiente, pois, podem se tornar matéria-prima para outros produtos. Muitas empresas já estão utilizando esse recurso. Como exemplo as indústrias têxteis que através do processo de extrusão, consegue fabricar novos fios de poliéster através do PET, deixando de utilizar material virgem e com isso contribuem de duas formas: O reuso e a retirada deste da natureza, além da economia de energia e água.

O plástico, conforme mencionado anteriormente, leva em torno de 400 anos para se decompor, é possível encontrar esse material dentro de rios, terrenos, reservas naturais, mares e oceanos. Existem inúmeros exemplos de animais que sofreram mutações ou morreram por confundirem plástico com alimento, ou seja, quanto mais esse mercado da reciclagem for explorado, menor será o risco de prejudicar outras espécies naturais.



Figura 37 - Problemas ambientais



Figura 36 - Problemas ambientais



---

### **9.1.3. PREJUÍZOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO PLÁSTICO**

Segundo documentos apresentados pela ONU (Organização das Nações Unidas), os custos financeiros relacionados ao plástico ultrapassam US\$ 75.000.000.000,00 anuais, dos quais 30% do valor, ou US\$ 22.500.000.000,00, decorrem de emissões de gases do efeito estufa e da poluição do ar na fase de sua produção.

Apesar do custo ser maior na fase de produção, o ambiente que mais sofre com esse material é o marinho. Se for somado a poluição das águas, morte de animais (muitas vezes em extinção) e turismo, os prejuízos alcançam a marca de pelo menos US\$13.000.000.000,00 ao ano.

### **9.1.4. DADOS RELEVANTES**

A estimativa é de que existam bilhões de toneladas de plástico flutuando nos oceanos. Foi encontrado um grande exemplo de que essa conta se aproxima e muito da realidade, com a ilha de lixo que existe no oceano pacífico, sua extensão total tem o tamanho equivalente aos Estados Unidos, esse material é proveniente de barcos, plataformas e também, de lixos originados nos continentes e transportados através das correntes marítimas.

*“Plásticos possuem um papel crucial na vida moderna, mas os impactos ambientais de seu uso não podem ser ignorados” .Achim Steiner, Diretor Executivo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).*

Entre as empresas que utilizam plástico, as que causam maiores impactos ao meio ambiente são as alimentícias, com 23% do total. Em seguida aparecem as de refrigerantes, com 12%.

Para piorar a imagem dessas empresas, apenas metade das 100 que foram consultadas pela ONU para a produção do relatório forneceram suas informações de forma completa.

---

*“Alguns setores, como produtos eletrônicos e alimentos, levam mais a sério a transparência de informações. Já calçados e brinquedos, que também possuem uma grande intensidade de uso de plásticos, não foram tão abertas”.*

*Andrew Russell, diretor do Plastic Disclosure Project.*

## **9.2. SOLUÇÕES PROPOSTAS**

### **9.2.1. USO DA MÍDIA**

O governo em parceria com as grandes marcas, deveriam investir na conscientização das pessoas através da mídia, como já é feito há um tempo com o tabagismo, onde as pessoas são alertadas sobre os riscos e consequências causadas. Também, podemos citar o exemplo da água, quando os níveis mínimos estavam sendo alcançados nas represas, diariamente propagandas eram colocadas no ar, além de programas que abordavam o assunto.

A ideia é que a população seja alertada sobre todos os problemas, desde o descarte incorreto e seus impactos, até onde seja possível eliminar o lixo de forma menos agressiva ao meio ambiente.

Animais mortos, rios poluídos e enchentes que ocorrem diariamente na maioria das cidades, podem contribuir como fator impactante para que a população visualize os graves problemas ambientais, sociais e econômicos que são gerados.

Todos precisam entender que o cenário atual, decorrente de um uso excessivo da natureza propiciará um amanhã menos favorável no quesito ambiental.

### **9.2.2. APLICATIVOS PARA DISPOSITIVOS COMO ANDROID/ iOS**

Com a publicação e incentivo ao uso dos aplicativos voltados a "Reciclagem de Plásticos", tanto catadores de materiais recicláveis como qualquer cidadão podem localizar de onde estiver 1.936 pontos de entrega voluntária (PEVs), em 61 cidades, de 20 estados do País, com toda rapidez, segurança e praticidade.

O “Reciclagem de Plásticos” é uma inovação no setor e está disponível gratuitamente para Android e iOS. O aplicativo é uma iniciativa do Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (PICPlast), idealizado pela Braskem - maior produtora de resinas

termoplásticas das Américas e da ABIPLAST- Associação Brasileira da Indústria do Plástico, fazendo parte do projeto que estimula o descarte correto de resíduos recicláveis.

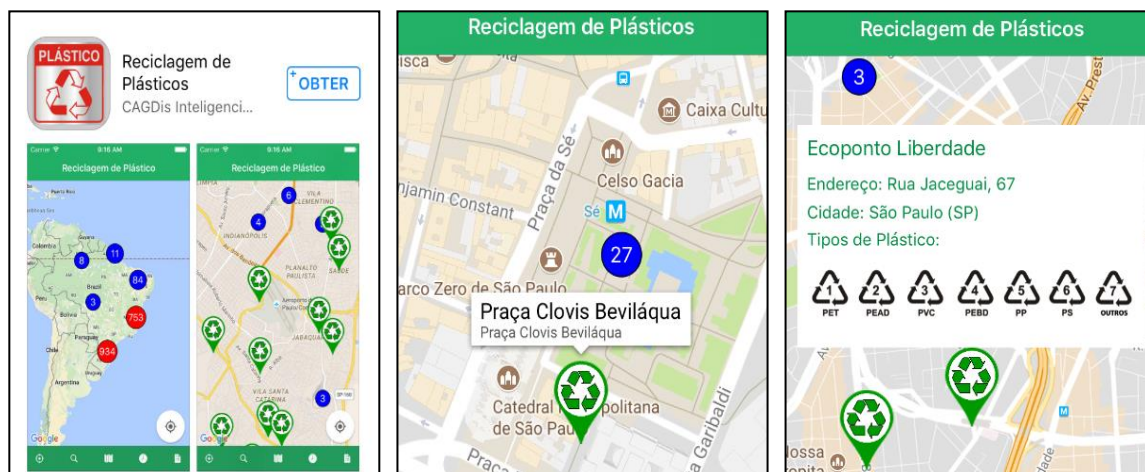


Figura 38 - Aplicativo "Reciclagem de Plásticos"

O uso destes aplicativos e diversos outros meios de reciclagem e reaproveitamento do PET auxilia de forma extremamente positiva o desenvolvimento sustentável e a busca para preservação dos recursos naturais.

## 10. CONCLUSÃO

Devido à capacidade do Engenheiro de Produção de atuar em diversas frentes profissionais, identificando suas habilidades e com o objetivo de colocar o conteúdo adquirido no curso em prática, foi definido o tema “Indústria Mineradora de Água” para este estudo acadêmico, devido à vasta abrangência que o assunto proporciona.

Inicialmente foi produzido o artigo sobre "Análise do pH de seis diferentes marcas de água mineral engarrafadas em 500ml comercializadas na cidade de Atibaia-SP".

Neste artigo de análise do pH, a prática alinhada as pesquisas e abordagem de profissionais competentes, proporcionaram o embasamento necessário para realização do experimento. Após os ensaios, havia variações nos valores de pH, porém, todos dentro dos padrões especificados, não apresentando problemas para o consumo.

Posteriormente, houve a visita na Indústria Mineradora de Água e Bebidas Atibaiense, que comercializa a água mineral Crystal Premium. Essa oportunidade de conhecer o processo de produção da água mineral, qualidade, manuseio e forma de embalagem foi enriquecedora e identificamos um diferencial competitivo, a fabricação da garrafa PET, sequenciada ao processo de produção de água e finalizando com a etapa de reciclagem.

Descrever no trabalho o detalhamento dos processos de produção da água mineral e da garrafa PET, suas etapas, questões específicas e qual o sequenciamento das atividades, foi mais simples, devido à oportunidade que a visita técnica nos proporcionou. Dentro desta análise foram observados os aspectos importantes para a reciclagem do PET.

As indústrias mineradoras de água são de suma importância, tendo em vista o alto consumo feito atualmente. Trata-se de um processo complexo para garantir qualidade ao produto ofertado.

Considerando todos estes fatos, nós como futuros Engenheiros de Produção identificamos toda a cadeia produtiva, conhecemos o ambiente fabril, o sistema logístico, os métodos de controle de processo e qualidade do produto, análise de layout e desenvolvimento de protótipo.

Concluimos que este estudo se apresenta de forma substancial para nossa formação, pois, entendemos a fundo como funciona um processo de produção do início ao fim, passando por todas as suas etapas, conhecendo os processos de potabilidade, extração, armazenagem, filtragem, resfriamento, gaseificação, lavagem das garrafas,

envase da água, colocação do lacre, colocação do rotulo, carimbo de lote e validade, embalagem por fardo, produção da garrafa em seu processo de “sopro”. Não somente o processo produtivo foi observado, também foi analisado questões como a verticalização dentro de uma indústria desse ramo, com a aplicação de uma linha de produção para as garrafas PET. E para completar o papel do engenheiro, também foi realizada uma análise do pós-uso dessas garrafas, que é de suma importância. Sendo assim, foi possível fechar o ciclo de aprendizagem desenvolvido ao longo do curso e produção do TCC.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA. Disponível em <http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua>. Acessado em 28/11/2016.
- [2] ÁGUA. Disponível em <http://www.jopemar.com.br/produtos/agua>. Acessado em 28/11/2016.
- [3] AREIA FILTRO ÁGUA. Disponível em <http://www.snatural.com.br/Areia-Filtro-Agua.html>. Acessado em 28/11/2016.
- [4] COMO MONTAR UM SERVIÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÁGUA MINERAL. <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-comercializacao-de-agua-mineral,ba987a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acessado em 28/11/2016.
- [5] DIRETRIZES PARA PROJETO DAS GARRAFAS DE PET. <http://www.abipet.org.br/uploads/File/PDFs/Diretrizes2017.pdf>. Acessado em 10/06/2017.
- [6] RESINA PET – O QUE É O PET?. <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=81>. Acessado em 11/06/2017.
- [7] O MERCADO PARA RECICLAGEM. <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/8/pet>. Acessado em 11/06/2017.
- [8] SECAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS. <http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br/secagem.asp>. Acessado em 11/06/2017.
- [9] MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria. 2914 de 12 de Dezembro de 2012. Disponível em <[http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acessado em 03/06/2016>.
- [10] KOTZ, JOHN C., TREICHEL, PAUL M., WEAVER, GABRIELA C., 2012. Química Geral e Reações Químicas Volume 2. Cengage Learning.>
- [11] RUSSELL, JOHN B., 2012. Química Geral Volume 2 2ª Edição. Pearson>.
- [12] CHEMGUIDE. Site Jim Clark, 2002. Disponível em <http://www.chemguide.co.uk/physical/acidbaseeqia/kw.html>. Acessado em 03/06/2016>.
- [13] COHESP. pH ideal da Água para Consumo Humano, 2015. Disponível em <<http://cohesp.com.br/qual-ph-ideal-da-agua-para-consumo-humano/>. Acessado em 03/06/2016>.

[14]RECICLAGEM DO MEIO AMBIENTE. Reciclagem do plástico – Como é feita passo a passo, 2017. Disponível em <<https://www.reciclagemnomeioambiente.com.br/reciclagem-do-plastico-como-e-feita-passo-a-passo/>>. Acessado em 05/10/2017>.

[15]TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE. Tripé da Sustentabilidade, 2017. Disponível em <<http://www.santaclaraecologica.com.br/tripe-da-sustentabilidade/>>. Acessado em 10/10/2017>.

[16]POLUIÇÃO. A triste história da tartaruga deformada pela poluição, 2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/06/a-triste-historia-da-tartaruga-deformada-pela-poluicao.html>>. Acessado em 10/10/2017>.

[17]IMPACTO AMBIENTAL. ONU: Impacto ambiental dos plásticos é de pelo menos US\$ 75 bi ao ano, 2017. Disponível em <<https://www.akatu.org.br/noticia/onu-impacto-ambiental-dos-plasticos-e-de-pelo-menos-us-75-bi-ao-ano/>>. Acessado em 12/10/2017>.

---

## **GLOSSÁRIO DE NOTAÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS**

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. [www.corpodebombeiros.sp.gov.br](http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br)

DPDN- Departamento Nacional de Produção Mineral. [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [www.portal.anvisa.gov.br](http://www.portal.anvisa.gov.br)

NTS 231-Norma Sabesp. Reservatório apoiado de aço carbono soldado. Especificação. São Paulo Revisão 1 - Abril/2014

ASTM International (ASTM), originalmente conhecida como American Society for Testing and Materials, é um órgão americano USA de normalização.

ASTM A283 grade D is a type of ASTM A283 carbon steel. It is furnished in the as-fabricated (no temper or treatment) condition.

NBR 7821 “Tanques Soldados Para Armazenamento de Petróleo e Derivados” da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. [portalms.saude.gov.br](http://portalms.saude.gov.br).