

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Graciliano Francisco Lourenço**

**APLICAÇÃO DO 6 SIGMA e QFD PARA MELHORIA  
DE QUALIDADE DA GRANALHA DE AÇO PARA  
CORTE DE ROCHAS**

**Taubaté - SP**  
**2017**

**Graciliano Francisco Lourenço**

**Aplicação do 6 SIGMA e QFD para melhoria de  
qualidade da granalha de aço para corte de rochas**

Monografia apresentada para obtenção do  
Certificado de Especialização pelo Curso  
Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green  
Belt do Departamento de Engenharia da  
Universidade de Taubaté,  
Área de concentração: Qualidade e Produtividade  
Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

**Taubaté - SP**

**2017**

**Graciliano Francisco Lourenço**

**Aplicação do 6 SIGMA e QFD para melhoria de qualidade da granalha de aço  
para corte de rochas**

Monografia apresentada para obtenção do  
Certificado de Especialização pelo Curso  
Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green  
Belt do Departamento de Engenharia da  
Universidade de Taubaté,  
Área de concentração: Qualidade e Produtividade  
Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD Orientador      Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Profa. Esp. Juliana de Lima Furtado, BB      Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Dedico em primeiro lugar este trabalho a Deus que me deu o dom da vida e a sabedoria e discernimento suficiente para fazê-lo, e também á todos aqueles que por momentos importantes estiveram ao meu lado ajudando-me a efetivar este projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente á Deus, pela força que nos deu todos os dias durante o desenvolvimento deste trabalho, por permitir o dom da vida e a sabedoria suficiente para lidar com todas as situações que me foi proposta e obter êxito em todas as etapas desse projeto.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram a prosseguir firme no meu propósito, apoiando sempre em todas as decisões que tive que tomar e incentivando em momentos mais difíceis sempre.

Ao meu orientador, Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD, pelo apoio que me dedicou em todas as etapas desse trabalho, sempre com toda a disposição e discernimento suficientes para me encorajar e direcionar para o caminho certo.

Aos outros professores do curso, que transmitiram seus conhecimentos com sabedoria ajudando me no desenvolvimento profissional.

## RESUMO

O trabalho aborda o desenvolvimento e melhoria da granalha de aço utilizada para o corte de nos parâmetros de consumo e abrasividade do produto para que seja recuperado o primeiro lugar no Market share.

Assim estaremos desenvolvendo e/ou melhorando a qualidade de nosso produto diminuindo o consumo do material em 10%, aumentando a abrasividade do material em 5% assim criando um diferencial no mercado para recuperação da liderança do mercado e manter um mínimo 25% de Market share.

Para obtenção dos resultados foi utilizado a metodologia do QFD – Quality Function Deployment para determinar as reais necessidades do mercado e dos clientes chaves e a metodologia 6 Sigma DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve and Control para determinas as ações necessárias para obter as melhorias necessárias, mudanças planejadas, lote piloto e validação das ações para alcançar os objetivos deste projeto.

O resultado alcançado deste trabalho para diminuição do consumo do material foi de 12,43%, para aumento da abrasividade foi de 25,97% e um aumento de 2% no Market share da empresa.

Assim a empresa conseguiu aumentar seu mercado em 50T mensais logo após de 3 meses após aplicação do trabalho.

**Palavras chave:** Granalha de aço angular. Qualidade. Market Share. QFD – Quality Function Deployment. 6 Sigma. Ferramentas da Qualidade.

## ABSTRACT

This work covers the development and improvement of steel grit used for the stone cutting about consumption of steel grit and cutting efficiency of steel grit aim the recovering of first position in the market share. Consequently, we will be developing and/or improving the quality of our products decreasing the consumption about 10%, increasing the cutting efficiency about 5% and creating a differential within the market for the market leadership recovering as well as keeping a minimum of 25% in the Market share.

This way, we will be making use of the QFD methodology – Quality Function Deployment to determine the real needs of the market and key customers and use the methodology 6 Sigma DMAIC-Define, Measure, Analyze, Improve and Control to determine the necessary actions to get the improvements required, planned changes, first launching and validation of actions to achieve the specific purposes of this project.

The results obtained this work to decrease of consumption of steel grit was 12,43%, to increase of cutting efficiency was 25,97% and a growth about 2% in the market share.

This way the company got increase your market about 50T per month after three months of implementation of work.

**Key-words:** Steel Grit. Quality. Market Share. QFD – Quality Function Deployment. 6 Sigma. Quality Tools.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Granalha esférica .....	18
<b>Figura 2</b> – Granalha angular.....	18
<b>Figura 3</b> – Tabela 1 - Propriedades .....	18
<b>Figura 4</b> – Tabela 1 – Propriedades (continuação).....	19
<b>Figura 5</b> – Processo de Fabricação de Granalha .....	20
<b>Figura 6</b> – Forno elétrico a aço.....	21
<b>Figura 7</b> – Processo de atomização .....	21
<b>Figura 8</b> – Processo de tempera .....	22
<b>Figura 9</b> – Forno tratamento térmico contínuo.....	23
<b>Figura 10</b> – Britador de rolos .....	24
<b>Figura 11</b> – Peneira vibratória circular.....	24
<b>Figura 12</b> – Embaladora automática.....	25
<b>Figura 13</b> – Tear convencional .....	26
<b>Figura 14</b> – Lâmina de aço .....	27
<b>Figura 15</b> – Gurus da qualidade .....	29
<b>Figura 16</b> – Ondas da gestão da qualidade.....	29
<b>Figura 17</b> – Eras da qualidade.....	30
<b>Figura 18</b> – Diagrama do modelo de Excelência de Gestão .....	33
<b>Figura 19</b> – Folha de verificação para classificação .....	34
<b>Figura 20</b> – Gráfico de pareto para análise de não conformidade.....	35
<b>Figura 21</b> – Diagrama de causa e efeito.....	36
<b>Figura 22</b> – Histograma .....	36
<b>Figura 23</b> – Diagrama de dispersão .....	37
<b>Figura 24</b> – Gráfico de controle .....	38
<b>Figura 25</b> – Fluxograma linear.....	38
<b>Figura 26</b> – Fluxograma de processo simples.....	39
<b>Figura 27</b> – Fluxograma funcional .....	40
<b>Figura 28</b> – Fluxograma vertical .....	41
<b>Figura 29</b> – 5W2H .....	42
<b>Figura 30</b> – Evolução da produção brasileira de rochas para o mercado.....	44
<b>Figura 31</b> – Desdobramento da casa qualidade.....	47
<b>Figura 32</b> – Casa da qualidade.....	49



<b>Figura 33</b> – Tabela simplificada de conversão 6 sigma.....	50
<b>Figura 34</b> – Detalhamento das etapas DMAIX .....	52
<b>Figura 35</b> – Fluxo de Processo.....	61
<b>Figura 36</b> – Tabela qualidade exigida.....	62
<b>Figura 37</b> – Matriz da qualidade .....	62
<b>Figura 38</b> – Característica da qualidade .....	63
<b>Figura 39</b> – Matriz de processo .....	64
<b>Figura 40</b> – Processos importantes .....	65
<b>Figura 41</b> – Análise do sistema de medição - Consumo .....	66
<b>Figura 42</b> – Análise do sistema de medição - Abrasividade .....	66
<b>Figura 43</b> – Capabilidade do processo - Consumo.....	67
<b>Figura 44</b> – Capabilidade do processo - Abrasividade .....	67
<b>Figura 45</b> – Diagrama de causa e efeito.....	68
<b>Figura 46</b> – Matriz de causa e efeito .....	69
<b>Figura 47</b> – Pareto das causas.....	69
<b>Figura 48</b> – Moinho de rolos.....	70
<b>Figura 49</b> – Jogo de peneiras.....	71
<b>Figura 50</b> – Plano de ação X1 .....	72
<b>Figura 51</b> – Plano de ação X2 .....	73
<b>Figura 52</b> – Plano de ação X3 .....	73
<b>Figura 53</b> – Capabilidade do processo – consumo antes.....	74
<b>Figura 54</b> – Capabilidade do processo – consumo depois.....	74
<b>Figura 55</b> – Capabilidade do processo – abrasividade antes .....	75
<b>Figura 56</b> – Capabilidade do processo – abrasividade depois .....	75
<b>Figura 57</b> – Nova linha área mecânica.....	76
<b>Figura 58</b> – Evolução de consumo da gralha .....	78
<b>Figura 59</b> – Evolução da abrasividade da gralha.....	78
<b>Figura 60</b> – Evolução do Market Share .....	79

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Diâmetro de material para quebra.....	53
<b>Tabela 2</b> – Diâmetro de material para quebra – Rev.01 .....	54
<b>Tabela 3</b> – Especificação de alimentação dos moinhos de rolos.....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIFA	Associação Brasileira de Fundição
QFD	Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)
VOC	Voice of Customer “Voz do Cliente”
MSA	Measurement System Analysis “Análise do Sistema de Medição”
FMEA	Failure Model and Effect Analysis ( Análise do Tipo de Efeito de Falha)

## LISTA DE SÍMBOLOS

**L:** largura em cm

**A:** altura em cm

**PA:** Pascal

**l/min:** Vazão de litros por minuto

**m<sup>3</sup> / h x m:** Vazão de metros cúbicos por altura vezes metros

**N:** Newton

**Kg:** Kilo

**g/min:** Gramas por minuto

**T/ano:** Tonelada por ano

**T:** Tonelada

**HRc:** Hardness Rockwell – Dureza Rockwell

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 Justificativa .....	17
1.2 Objetivo.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1 Granalha de aço angular.....	18
2.2 Qualidade.....	28
2.3 Ferramentas da Qualidade .....	34
2.4 Market Share .....	43
2.5 QFD – Quality Function Deployment .....	46
2.6 6 Sigma.....	49
2.6.1 DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve and Control.....	51
2.6.1.1 D – Define (definir) .....	52
2.6.1.2 M – Measure (medir) .....	53
2.6.1.3 A – Analyze (analisar) .....	54
2.6.1.4 I – Improve (melhorar).....	55
2.6.1.5 C – Control (controlar).....	56
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	57
3.1 Termo de abertura de projeto .....	57
3.2 D - Definir.....	57
3.3 M - Medir.....	59
3.4 A - Analisar .....	60
3.5 I - Implementar.....	60
3.6 C - Controlar .....	60
<b>4 RESULTADOS</b> .....	61
4.1 Termo de abertura de projeto .....	61
4.2 D - Definir.....	61
4.3 M - Medir.....	65
4.4 A - Analisar .....	70
4.5 I - Implementar.....	72
4.6 C - Controlar .....	75
4.6 Resultado do Trabalho.....	78
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	80

<b>REFERÊNCIAS</b> .....	81
<b>APÊNDICE A -</b> .....	84
<b>APÊNDICE B -</b> .....	86
<b>APÊNDICE C -</b> .....	88
<b>ANEXO A -</b> .....	91
<b>ANEXO B -</b> .....	95
<b>ANEXO C -</b> .....	97
<b>ANEXO D -</b> .....	99

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Justificativa**

Uma empresa para manter-se no mercado é preciso ser competitiva, ter qualidade e atender as necessidades de seus clientes. São esses principais fundamentos para sobreviver em águas econômicas turbulentas.

Segundo Whiteley Richard “apenas duas coisas são importantes, uma é o cliente e a outra é o produto. Se você cuida do cliente eles virão de novo. Se você cuida exclusivamente de seu produto, o cliente não virá de volta” (Marcos Cobra, 2009).

Atento a esses conceitos a IKK do Brasil fabricante de granalha de aço – Jacareí/SP autorizou a realizar um trabalho de melhoria do produto granalha de aço angular para corte de rochas para aumentar o seu Market Share neste mercado.

## **1.2 Objetivo**

Este trabalho visa melhorar a performance da granalha de aço angular para corte de rochas utilizando-se dos métodos QFD para determinar a voz do cliente e desdobra-lo na característica do produto e o DMAIC para definição e controle do projeto de melhoria.

Assim foi definida os seguintes objetivos específicos:

- 1) Diminuir o consumo da granalha em 10%;
- 2) Aumentar a abrasividade da granalha em 5%; e
- 3) Ter o mínimo de 25% de Market Share.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Granalha de aço angular

Granalhas de aço angulares são partículas metálicas predominante angular conforme figura 2, produzida por um processo de fundição, onde o aço líquido com alto teor de carbono entre 0,8% – 1,2%, vazado sobre um jato de água pressurizado (atomização) assim produzindo a granalha esférica conforme figura 1 e britando posteriormente essa granalha conforme **ABNT NBR 15815:2010**.



Figura 1 – Granalha esférica



Figura 2 – Granalha angular

Fonte: IKK do Brasil – Manual da Qualidade 2016

Granalhas de aço angulares tem as seguintes propriedades conforme figuras 3 e 4.

Propriedades	Especificação
Granulometria	— Ver Tabela 2 e conforme 6.2
Dureza	— 90 % das partículas angulares ensaiadas devem ter valores de dureza acima de 60 HRC, conforme 6.3 — Outras faixas de dureza podem ser especificadas pelo comprador, desde que observada uma faixa mínima de aproximadamente 7 HRC.
Densidade real	— Mínimo 7,0 g/cm <sup>3</sup> , conforme 6.4
Densidade aparente	— Mínimo 3,6 g/cm <sup>3</sup> (3 600 kg/m <sup>3</sup> ), conforme 6.5

Figura 3 – Tabela 1 - Propriedades.

Fonte: ABNT NBR 15815:2010



**Tabela 1 (continuação)**

<b>Propriedades</b>	<b>Especificação</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Defeitos físicos (ver 3.4)</li> <li>— Formato da partícula</li> <li>— Vazios (occos)</li> <li>— Porosidades</li> <li>— Trincas</li> <li>— Defeitos totais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Defeitos presentes nas partículas ensaiadas conforme 6.6 não devem exceder os seguintes níveis:</li> <li>— Granalhas FA – MA – GA podem conter no máximo 10 % de grãos esféricos</li> <li>— Máximo 10 %</li> <li>— Máximo 10 %</li> <li>— Máximo 40 %</li> <li>— Máximo 40 %</li> </ul> <p>Partículas com mais de um dos defeitos acima devem ser contadas apenas uma vez no total</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Partícula não magnética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Máximo 1 %</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Microestrutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Martensita revenida com finos carbonetos bem distribuídos. Conforme 6.7, carbonetos em rede, descarbonetação parcial, segregação em contorno de grão ou perlita são indesejáveis, logo, não mais que 15 % de partículas ensaiadas podem conter estes defeitos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Composição química</li> <li>a) Carbono (C)</li> <li>b) Manganês (Mn)</li> <li>c) Silício (Si)</li> <li>d) Fósforo (P)</li> <li>e) Enxofre (S)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,80 % a 1,20 %</li> <li>0,35 % a 1,20 %</li> <li>Mínimo 0,40 %</li> <li>Máximo 0,05 %</li> <li>Máximo 0,05 %</li> </ul>

Figura 4 – Tabela 1 – Propriedades (continuação).

Fonte: ABNT NBR 15815:2010

A fabricação de granalha angular para corte de rocha ornamentais tem basicamente 6 processos, sendo o primeiro de derretimento de sucata de aço, atomização, tratamento térmico, quebra do material, peneiramento e embalagem divididos em três áreas aciaria, acabamento e expedição de acordo com a figura 5.

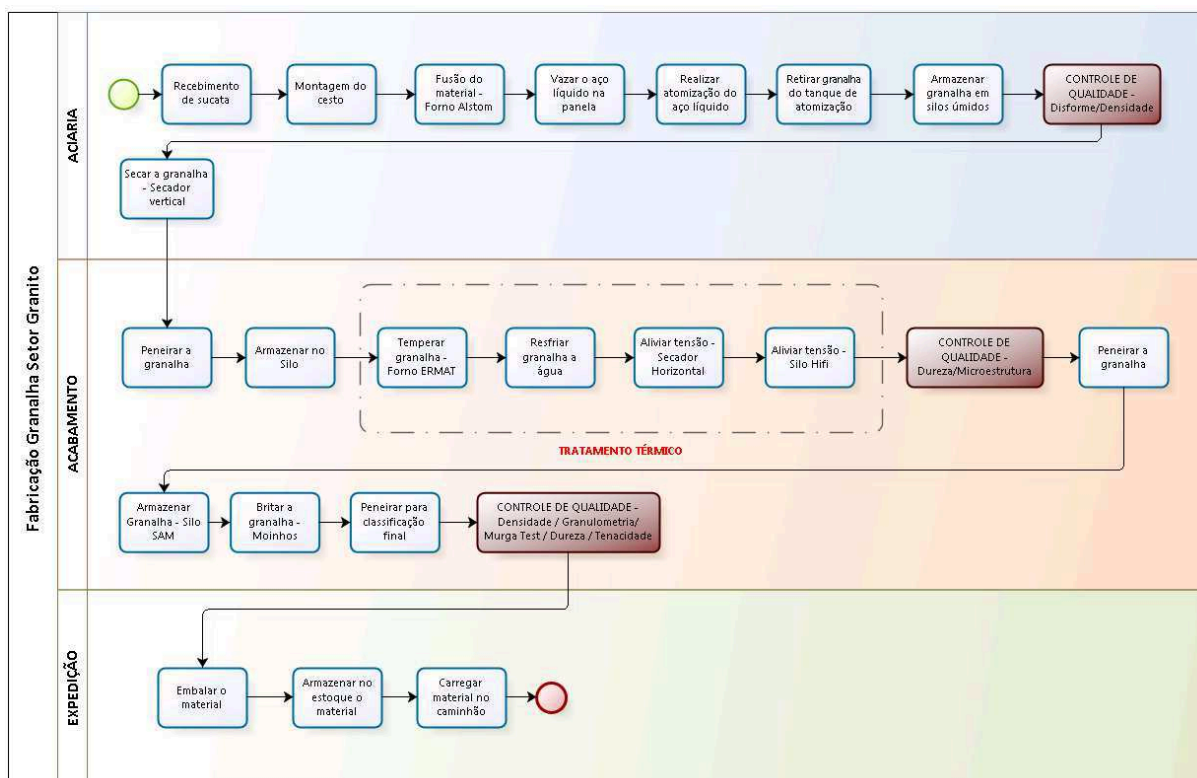


Figura 5 – Processo de Fabricação de Granalha  
Fonte: IKK do Brasil – Manual da Qualidade 2016

O derretimento de sucata de aço é realizado através de forno elétrico a arco (EAF) numa temperatura entre 1600°C á 1700°C e toda adição de ligas para correção da composição química é jogado diretamente no forno e/ou na panela com o aço líquido conforme figura 6.

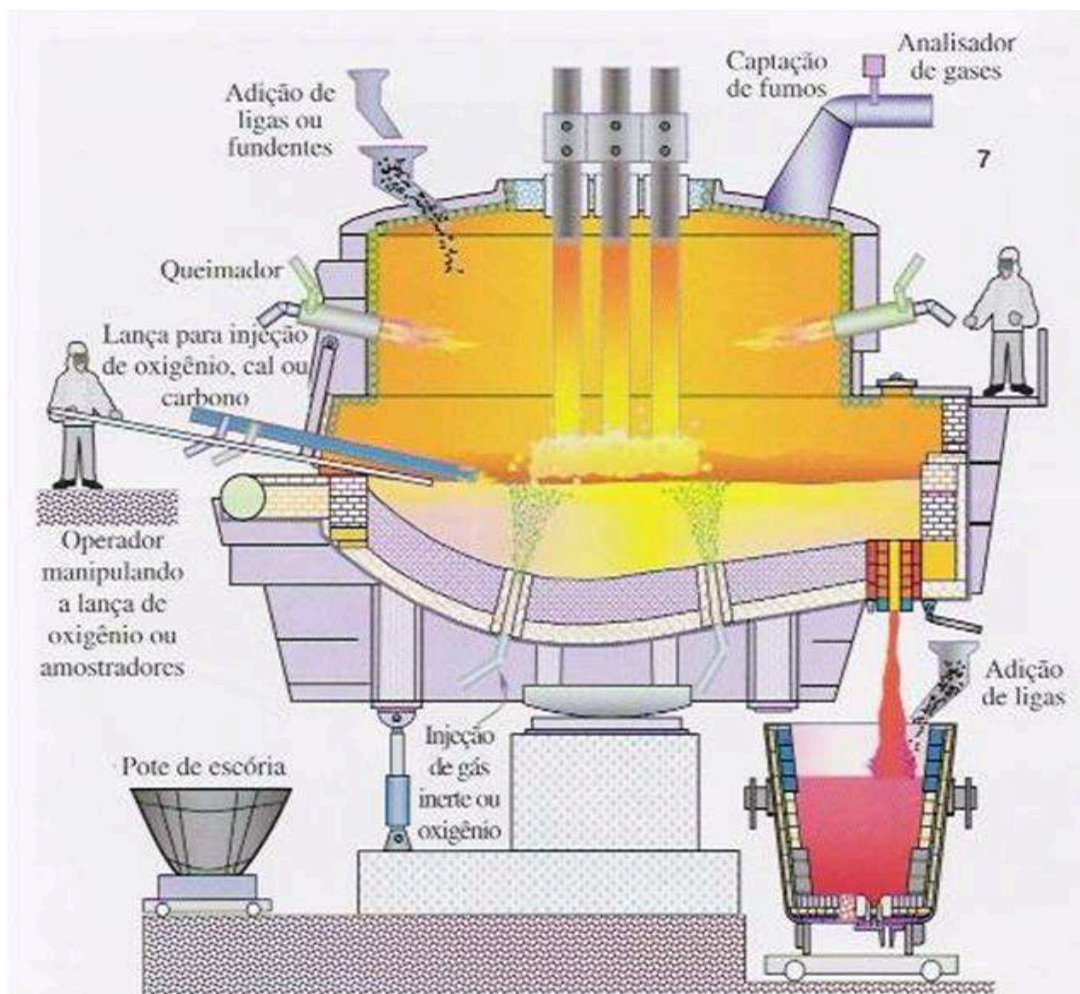


Figura 6 – Forno elétrico a arco  
Fonte: Aciaria News, 2012

A atomização é realizada com o metal líquido dentro de uma panela que após vazado por entre alguns jatos de água é gerado o pó metálico de 0,1mm á 10mm de diâmetro que é chamado de granalha esférica de acordo com a figura 7.



Figura 7 – Processo de atomização  
Fonte: BOOKER e SWIFT, 2014.

O tratamento térmico realizado nas granalhas de aço angular visa que o material obtenha uma microestrutura martensita revenida e uma dureza maior que 60HRc, assim a têmpera é realizada com uma temperatura entre 815°C á 870°C no produto e resfriamento a água do produto para transformação da microestrutura do material em martensita de acordo com a figura 8.

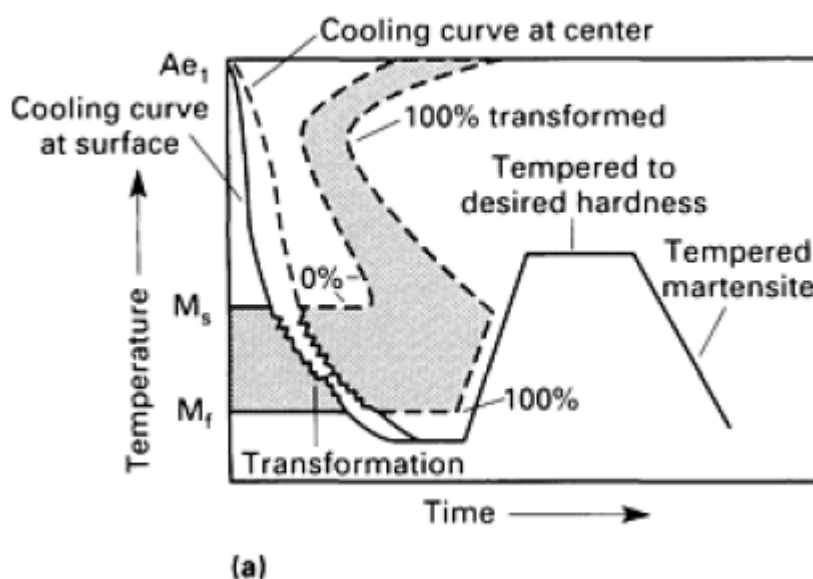


Figura 8 – Processo de têmpera  
 Fonte: ASM HandBook Volume 4 – Heating Treating, 1991.

O revenimento é realizada com uma temperatura entre 175°C á 190°C no produto e resfriamento a ar somente para aliviar as tensões geradas na têmpera.

Em ambos os casos são utilizados fornos contínuos de acordo com a figura 9.

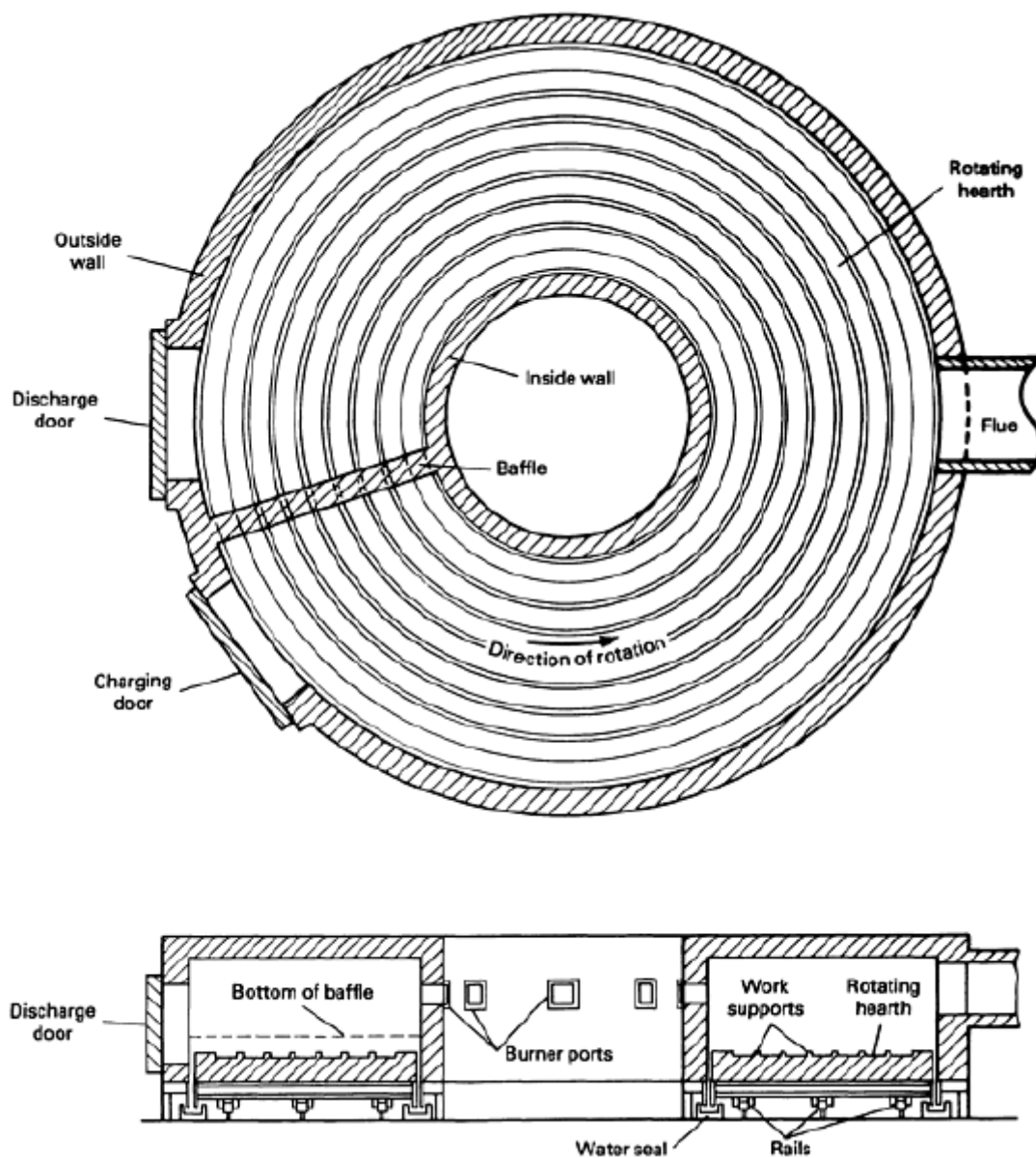


Figura 9 – Forno tratamento térmico contínuo  
 Fonte: ASM HandBook Volume 4 – Heating Treating, 1991.

A quebra do material é realizada por britadores de rolos também conhecidos como moinhos que giram na mesma velocidade, em sentidos contrários e uma distância definida entre os rolos de acordo com a figura 10.

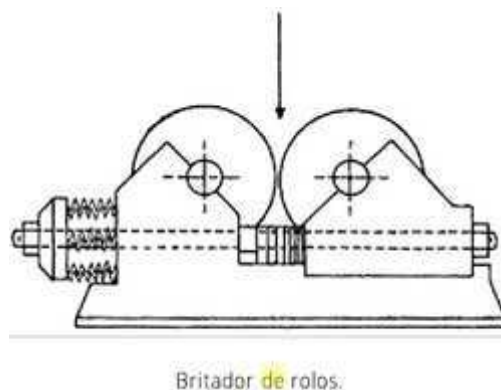


Figura 10 – Britador de Rolos  
Fonte: SENAI, 2015. P.67.

O peneiramento é realizado através de peneiras vibratórias circulares onde é alimentado com granalhas de diversos tamanhos e são separados de acordo com a malha neste equipamento de acordo com a figura 11.

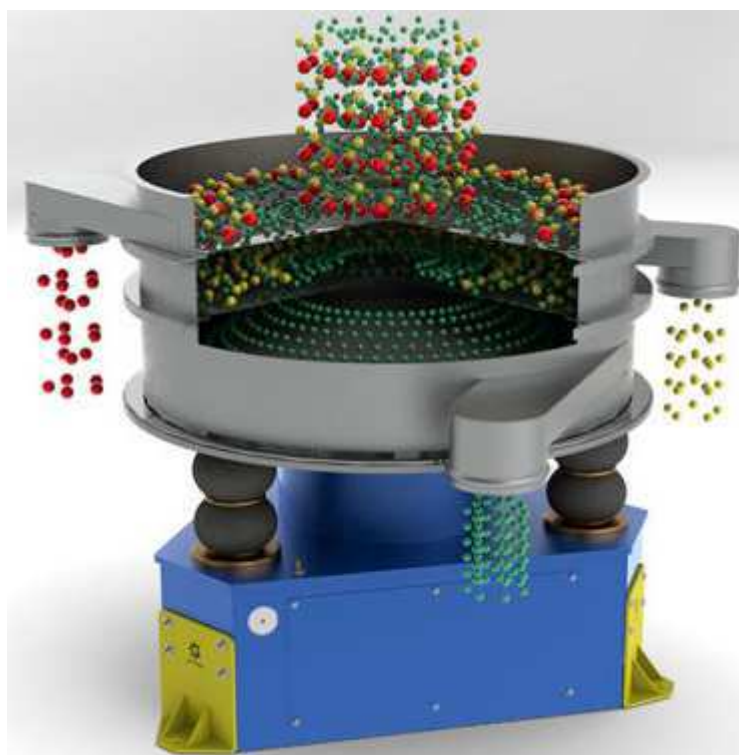


Figura 11 – Peneira Vibratória Circular  
Fonte: Direct Industry, 2017



A embalagem é realizada por uma embaladora automática que embala com sacos plásticos de 25kg de acordo com a figura 12 e são montados pallets de 1T cada.



Figura 12 – Embaladora automática  
Fonte: B & C, 2017.

### 2.1.1 Utilização da granalha angular nos clientes

Para se obter os granitos e mármore utilizados nas mais diversas aplicações (casas, edifícios, aeroportos, shoppings, etc.), precisamos extraí-los das pedreiras em blocos compatíveis com o tamanho dos teares, máquinas que fazem o corte dos blocos, desdobrando-os em chapas, num processo conhecido por serrada.

Nas serradas a granalha de aço juntamente com as lâminas de aço, devidamente espaçadas e alinhadas, atritam com a superfície dos blocos provocando o desgaste da rocha, e o conseqüente corte do bloco, permitindo a obtenção de chapas de granito e mármore, que depois de polidas, serão transformadas em pisos, revestimentos, pias, etc.

As empresas que se utiliza de tear convencional que é uma estrutura mecânica, com acionamento elétrico, para sustentação e movimentação de um quadro porta-lâminas, para cerca de 80 a 100 unidades. Este quadro é deixado avançar contra um bloco de pedra, com movimentação pendular ou combinada pendular/retilínea resultante do sistema de acionamento, de onde se obtém o corte simultâneo das placas, de alto para baixo, num período de 3 a 6 dias em média.



Figura 13 – Tear convencional  
Fonte: Grupo Vitória Stone, 2017.



Este tear utiliza-se de lama abrasiva, que atua como elemento de corte depositado sob as lâminas de aço tensionadas.

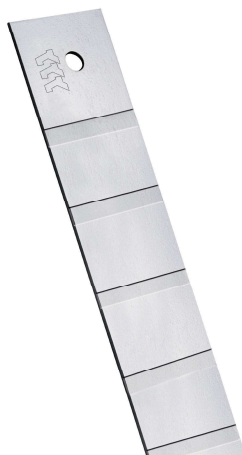


Figura 14 – Lâmina de aço

Fonte: Metisa,2017.

A lama abrasiva é composta de 5 elementos: água, cal, pó de pedra, pó metálico e granalha.

A água, como único elemento fluído, tem a finalidade de conferir à mistura abrasiva.

A cal, elemento com duas responsabilidades, ao mesmo tempo que atua como aglutinante de partículas minerais, impede que a lama se torne “emborrachada e/ou gelatinosa”.

O pó de pedra ou resíduo mineral, tem sua presença como inerente/intrínseca ao processo, onde todo o material desagregado da rocha em pó é incorporado a lama.

O pó metálico, tem sua presença devido ao desgaste da granalha de aço e das lâminas.

E finalmente a granalha de aço angular, é o elemento fundamental no processo de corte em teares convencionais, sendo o elemento abrasivo que deve ser depositada sob as lâminas lisas nesta etapa a granalha tem o papel dos dentes de cortes das rochas.

## 2.2 Qualidade

O que é qualidade? Qualidade significa diferentes coisas para diferentes pessoas. Entretanto a maioria das pessoas concorda quanto a alguns aspectos.

Qualidade é aquilo que me satisfaz;

Está relacionado a um preço justo;

Está relacionado a um produto que funciona corretamente; e

Está relacionado a um serviço prestado de forma a superar as expectativas de quem dele faz uso.

De acordo com a ABNT NBR ISO 9000 uma organização focada em qualidade promove uma cultura que resulta em comportamento, atitudes, atividades e processos que agregam valor através da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas pertinentes.

E segue afirmando que a qualidade dos produtos e serviços de uma organização é determinadas pela capacidade de satisfazer os clientes e pelo impacto pretendido e não pretendido nas partes interessadas pertinentes.

Finalizando a qualidade de produtos e serviços inclui não apenas sua função e desempenho pretendidos, mas também seu valor percebido e o benefício para o cliente.

Assim, ao longo do tempo os gurus da qualidade definiram a qualidade como:

Qualidade é melhoria contínua. W Edwards Deming.

Qualidade é adequação ao uso. Joseph M. Duran

Qualidade é conformidade com os requisitos. Philip Crosby

Qualidade é, em termos de produto, o mais econômico, o mais útil e que sempre satisfaça o consumidor. Kaoru Ishikawa.

Veja na figura 15 outros pensamentos e/ou ferramentas desenvolvidas pelos os gurus mais conhecidos pelo mundo.

<b>Walter A. Shewhart</b>	<b>Edward Deming</b>
Criador do controle estatístico da qualidade, em 1926; inspeção por amostragem; utilização das chamadas cartas de controle.	Consciência da importância da gerência no processo da qualidade; ciclo PDCA.
<b>Philip B. Crosby</b>	<b>Joseph Juran</b>
Qualidade = conformidade como requerimento ( <i>conformance to requirements</i> ); Efeito Zero ( <i>Zero Effects</i> ) = fazer certo da primeira vez; Qualidade é GRÁTIS.	Trilogia da qualidade: planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade.
<b>Genichi Tanaguchi</b>	<b>Armand W. Feigenbaum</b>
Qualidade pertence ao estágio de projeto do produto; desenvolvimento do processo industrial; aplicação de métodos estatísticos para melhoria do produto e do processo.	Originou o conceito de Controle de Qualidade Total; envolvimento de todas as funções da empresa; custo da qualidade = custo de avaliação + prevenção + falhas.
<b>Shigeo Shingo</b>	<b>Kaoru Ishikawa</b>
Criador do sistema <i>Poka-Yoke</i> (a prova de erro); defeitos são examinados, o sistema de produção é parado e um <i>feedback</i> imediato é dado, de forma que a causa raiz do problema seja identificada e prevenida.	Diagrama de causa-efeito ou “espinha de peixe” ( <i>fishbone</i> ); círculos de controle pela qualidade; envolvimento de toda a empresa com a qualidade, durante todo o ciclo de vida do produto.

Figura 15 – Gurus da Qualidade.

Fonte: CAMARGO, 2008. P.3

Temos essa breve revisão histórica que busca traçar uma trajetória da evolução da qualidade ao longo do tempo conforme figura 16.

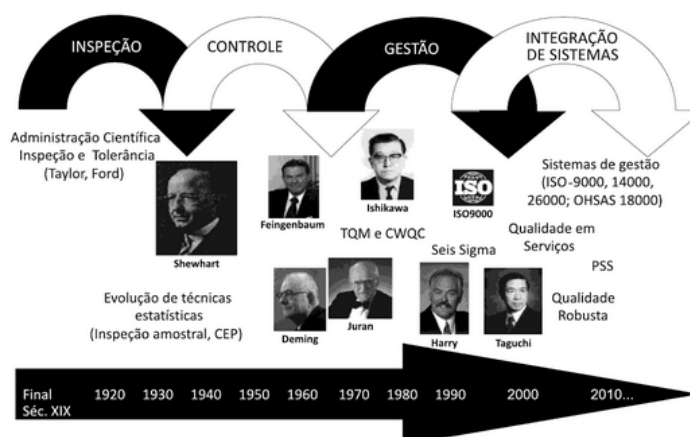


Figura 16 – Ondas da Gestão da Qualidade.

Fonte: CARVALHO, Marly e PALADINI, Edson 2012. P.7

Assim David Garvin classifica a evolução da qualidade em eras, quais sejam: Inspeção, Controle Estatístico da Qualidade, Garantia da Qualidade e Gestão da Qualidade. As principais características dessas quatro eras estão descritas na figura 17.

<b>Características Básicas</b>	<b>Interesse principal</b>	<b>Visão da Qualidade</b>	<b>Ênfase</b>	<b>Métodos</b>	<b>Papel dos profissionais da qualidade</b>	<b>Quem é o responsável pela qualidade</b>
<b>Inspeção</b>	Verificação.	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto.	Inspeção, de medição.	Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo.	O departamento de inspeção.
<b>Controle Estatístico do Processo</b>	Controle.	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto com menos inspeção.	Ferramentas e técnicas Estatísticas.	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos.	Os departamentos de fabricação e engenharia (o controle de qualidade).
<b>Garantia da Qualidade</b>	Coordenação.	Um problema a ser resolvido, mas que é enfrentado proativamente.	Toda cadeia de fabricação, desde o projeto até o mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais para impedir falhas de qualidade.	Programas e sistemas.	Planejamento, medição da qualidade e desenvolvimento de programas.	Todos os departamentos, com a alta administração se envolvendo superficialmente no planejamento e na execução das diretrizes da qualidade.
<b>Gestão Total da Qualidade</b>	Impacto estratégico.	Uma oportunidade de diferenciação da concorrência.	As necessidades de mercado e do cliente.	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização.	Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas.	Todos na empresa, com a alta administração exercendo forte liderança.

Fonte: Adaptado de Garvin, 1992.

Figura 17 – Eras da Qualidade.

Fonte: CARVALHO, Marly e PALADINI, Edson 2012. P.8

“Qualidade total é o modo de gestão de uma organização, centrado na qualidade, baseado na participação de todos os membros, visando sucesso a longo prazo, por meio de satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e sociedade.” (NBR ISO 8402:1994).

A abordagem da Qualidade Total enfatiza não apenas o pleno atendimento das necessidades e expectativas dos clientes, mas também outros aspectos, tais como preço, características de operação, padrões de eficiência, processo de fabricação, logística de distribuição, expectativa da marca, serviços agregados, enfim, todos os procedimentos e processos envolvidos com um determinado produto.

A evolução dos conceitos da Qualidade Total e a necessidade de incorporar os interesses de outros envolvidos levaram as organizações à busca cada vez maior pela excelência em desempenho, visando assim atender as necessidades desses diversos agentes envolvidos.

Na busca da excelência atualmente temos vários modelos existentes, entretanto tem três específicos e mundialmente conhecido.

- Prêmio Deming;
- Prêmio Malcolm Baldrige; e
- Prêmio Nacional da Qualidade ( PNQ).

O Prêmio Deming o primeiro criado no mundo pelo Japão é dividido em quatro categorias:

**Indivíduo:** concedido a uma pessoa que tenha feito uma contribuição notável para a teoria, aplicações e métodos de controle de qualidade;

**Prêmio de Aplicação Deming (Deming Application Prize):** destinado para empresas que aplicaram com sucesso o controle da qualidade por toda a empresa.

**Prêmio Japonês de Controle de Qualidade:** aberto somente a empresas já detentoras do Prêmio Deming.

**Prêmio Deming Estrangeiro:** concedido a empresas interessadas no processo de exame na implantação do controle da qualidade total.

O julgamento dos critérios de avaliação do prêmio é realizado baseado em dez critérios principais (CARVALHO, PALADINI, 2005, p.99-100):

1. Política;
2. Organização e sua operação;
3. Informação;
4. Padronização;
5. Recursos humanos;
6. Garantia da qualidade;
7. Manutenção;
8. Melhoria;
9. Efeitos (resultados); e
10. Planos futuros.

O Prêmio Malcom Baldrige criado em 1988 pelo Estados Unidos da América visando estimular a competitividade das empresas americanas é dividido em três categorias:

**Negócios:** subdivido em manufatura, serviços e pequenas empresas;

**Saúde;** e

**Educação:** Ensino médio, fundamental, básico e superior

O Prêmio Malcom Baldrige é avaliado através de sete critérios:

1. Liderança;
2. Planejamento estratégico;
3. Foco nos clientes e no mercado;
4. Informação e análise;
5. Recursos humanos;
6. Gestão de processos; e
7. Resultado dos negócios.

O Prêmio Nacional de Qualidade criado em 1992 pelo Brasil visando o apoio as organizações brasileiras no desenvolvimento e evolução de sua gestão para que se torne sustentáveis, cooperativas e gerem valor para a sociedade e outras partes interessadas assim é avaliado os 8 fundamentos da excelência conforme figura 18.

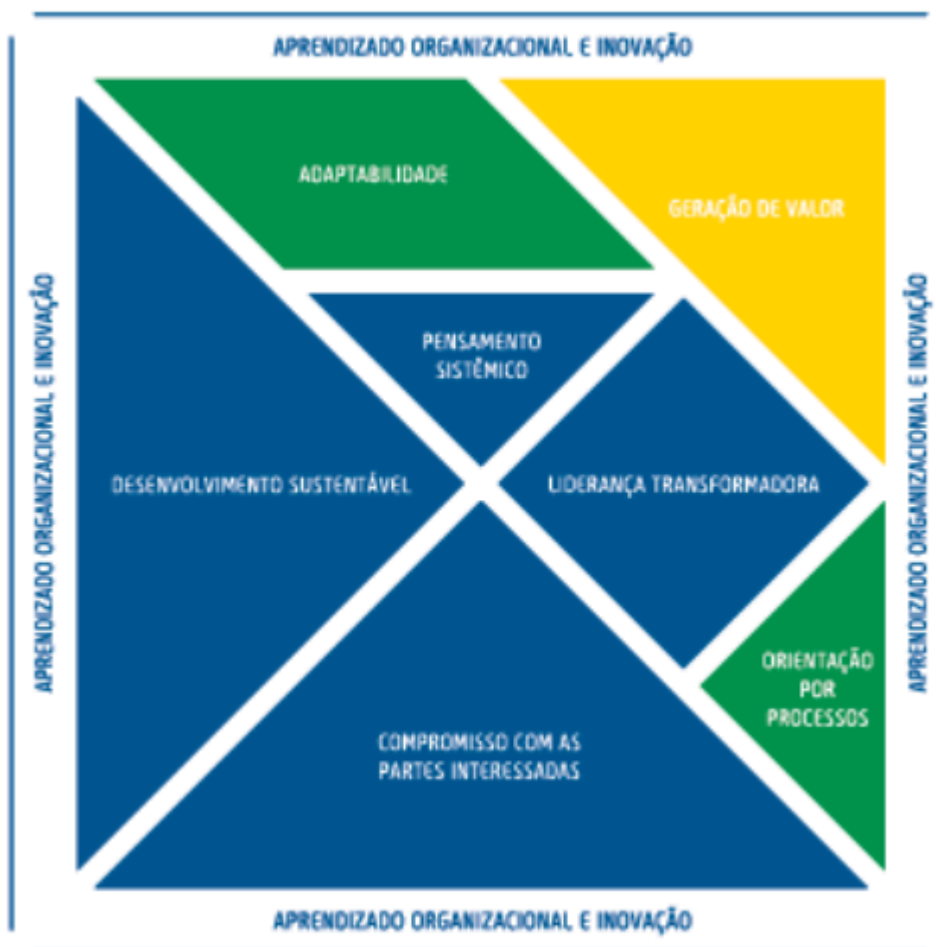


Figura 18 – Diagrama do Modelo de Excelência de Gestão.

Fonte: FNQ – Gestão para Excelência 2017.

## 2.3 Ferramentas da Qualidade

Um dos princípios da Gestão da Qualidade Total é o ato de controlar o desempenho dos processos e para isso é necessário estabelecer uma sistemática confiável para coleta de dados e informações.

Assim foram criadas ferramentas básicas da qualidade para estabelecer controle e melhorias.

**Folha de verificação:** São formulários planejados nos quais os dados coletados são preenchidos de forma fácil e concisa. Registram os dados dos itens a serem verificados, permitindo uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões, conforme figura 19.

<u>Reclamações</u> <u>de clientes</u>	<u>Dia</u>					<u>Total</u>
	<u>Seg.</u>	<u>Ter.</u>	<u>Qua.</u>	<u>Qui.</u>	<u>Sex.</u>	
<u>Atraso</u>				 		35
<u>Embalagem</u>						10
<u>Atendimento</u>						17
<u>Sujeira</u>						12
<u>Riscos</u>						6
<u>Quebra</u>						15
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>95</b>

Figura 19 – Folha de Verificação para Classificação.

Fonte: CÉSAR Giocondo, 2011. p.29.

**Diagrama e/ou gráfico de pareto:** O gráfico de Pareto é um diagrama que apresenta os itens e a classe na ordem dos números de ocorrências, apresentando a soma total acumulada. Permite-nos visualizar diversos elementos de um problema auxiliando na determinação da sua prioridade, conforme figura 20.



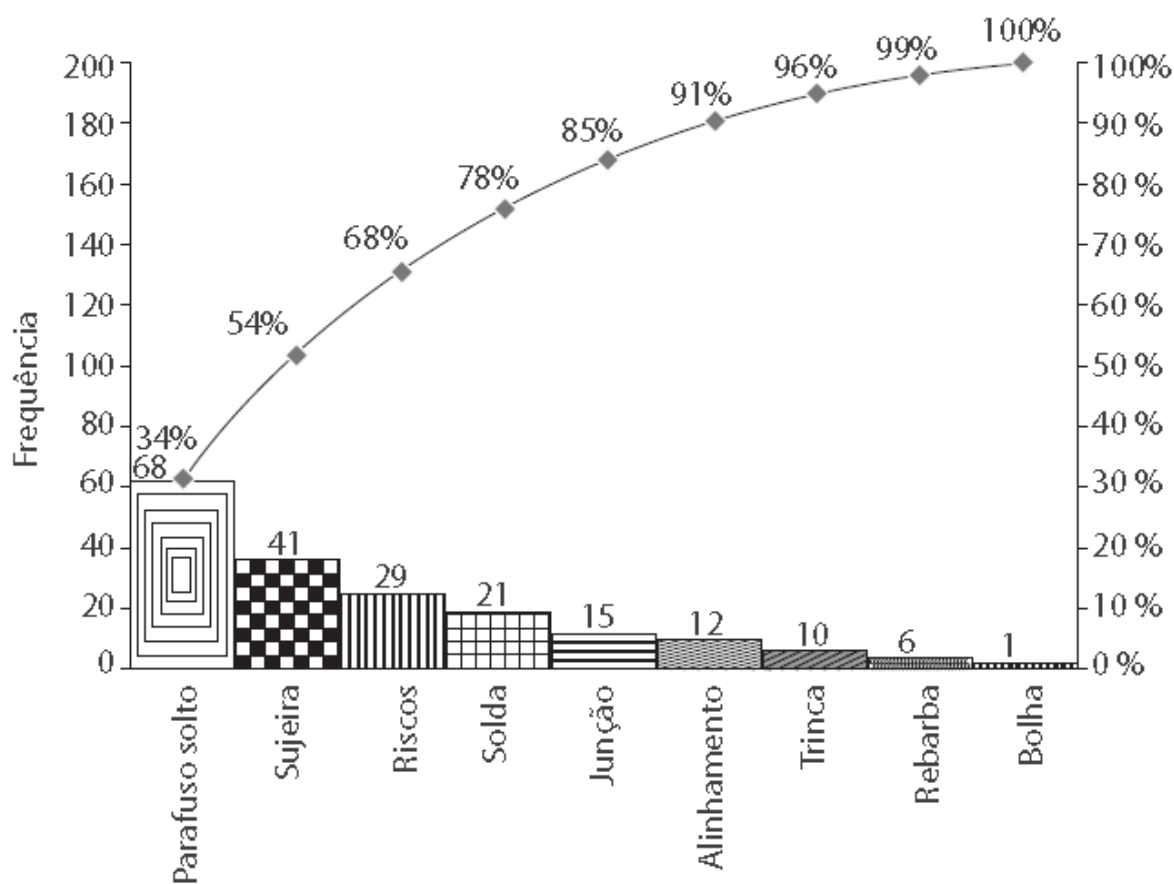


Figura 20 – Gráfico de Pareto para análise de não conformidades.

Fonte: MARTINELLI, 2009. p.144.

**Diagrama de causa e efeito:** É uma representação gráfica que permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito. Também chamado de diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa de acordo com a figura 21.

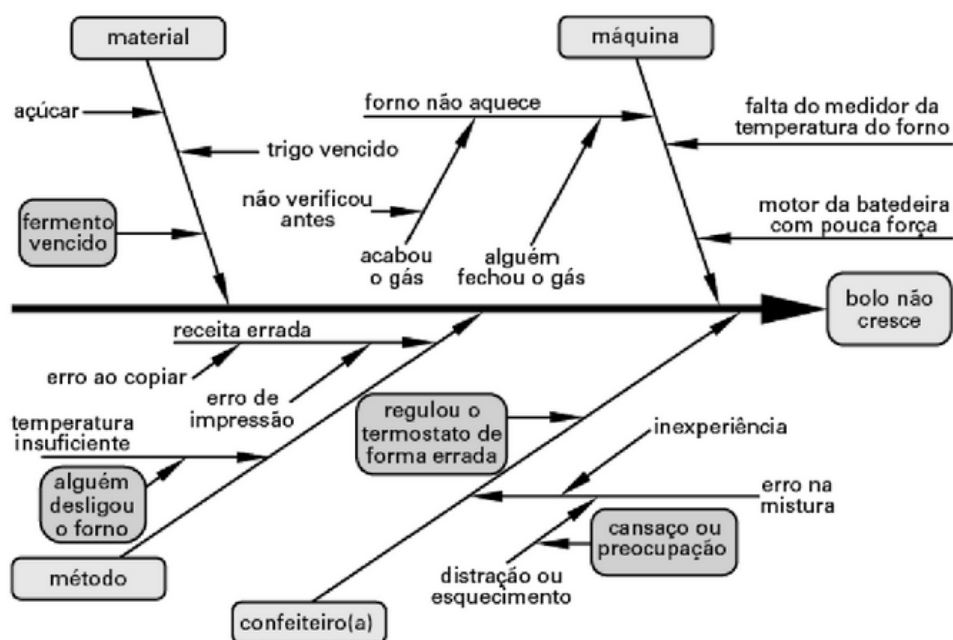


Figura 21 – Diagrama de Causa e Efeito – “Bolo não cresce”.

Fonte: SENAI, 2015. p.54.

**Histograma:** São gráficos de barras que mostram a variação sobre uma faixa específica. O histograma foi desenvolvido por Guerry em 1833 para descrever sua análise de dados sobre crime. Desde então, os histogramas têm sido aplicados para descrever os dados nas mais diversas áreas conforme figura 22.

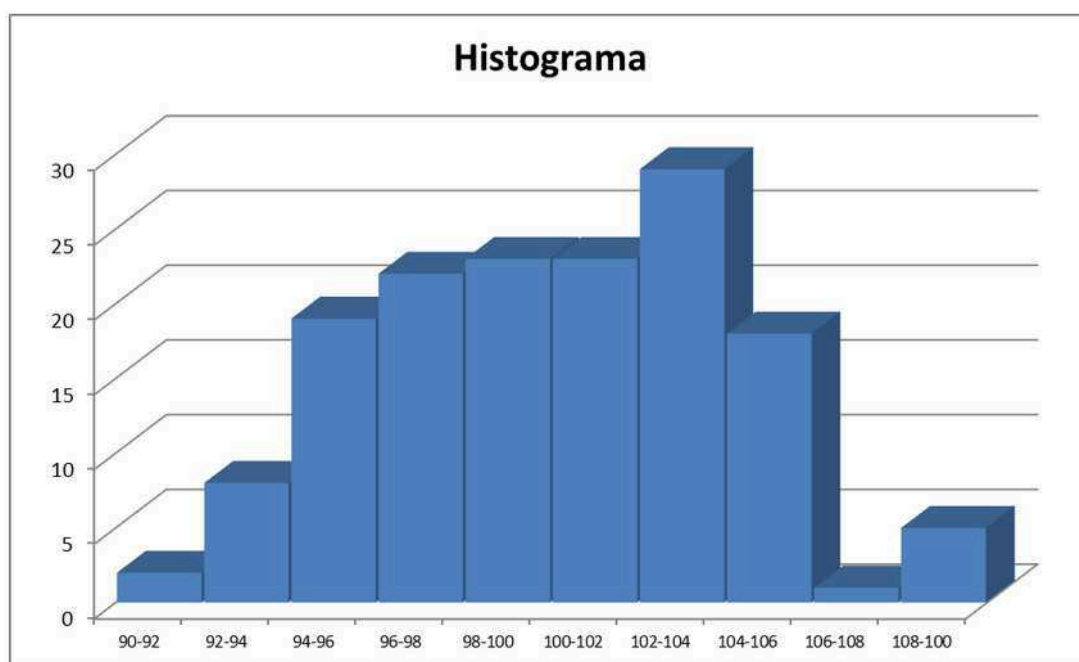


Figura 22 – Histograma – “Diâmetro de Garrafas”.

Fonte: Citisystems, 2017.

**Diagrama de dispersão:** São gráficos que permitem a identificação entre causas e efeitos, para avaliar o relacionamento entre variáveis. O diagrama de dispersão é a etapa seguinte do diagrama de causa e efeito, pois verifica-se se há uma possível relação entre as causas, isto é, nos mostra se existe uma relação, e em que intensidade conforme figura 23.

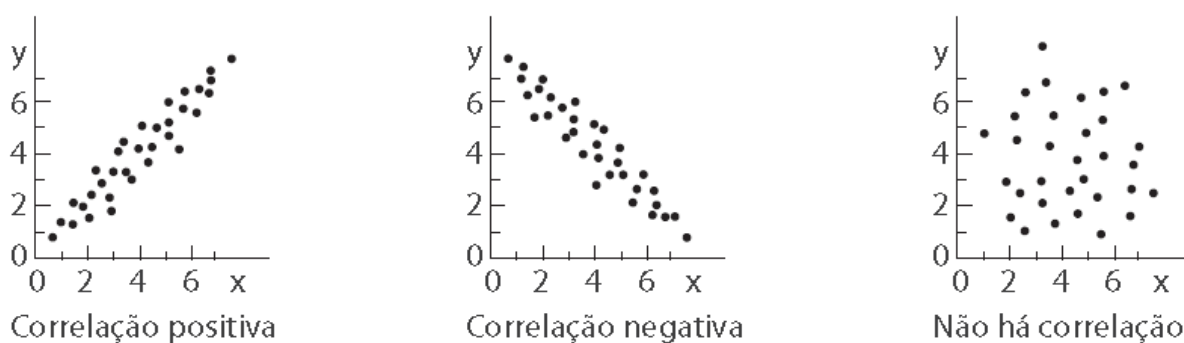


Figura 23 – Diagrama de dispersão – “Diâmetro de Garrafas”.

Fonte: MARTINELLI, 2009. p.141.

**Gráficos de controle:** São gráficos para examinar se o processo está ou não sob controle. Sintetiza um amplo conjunto de dados, usando métodos estatísticos para observar as mudanças dentro do processo, baseado em dados de amostragem conforme figura 24.

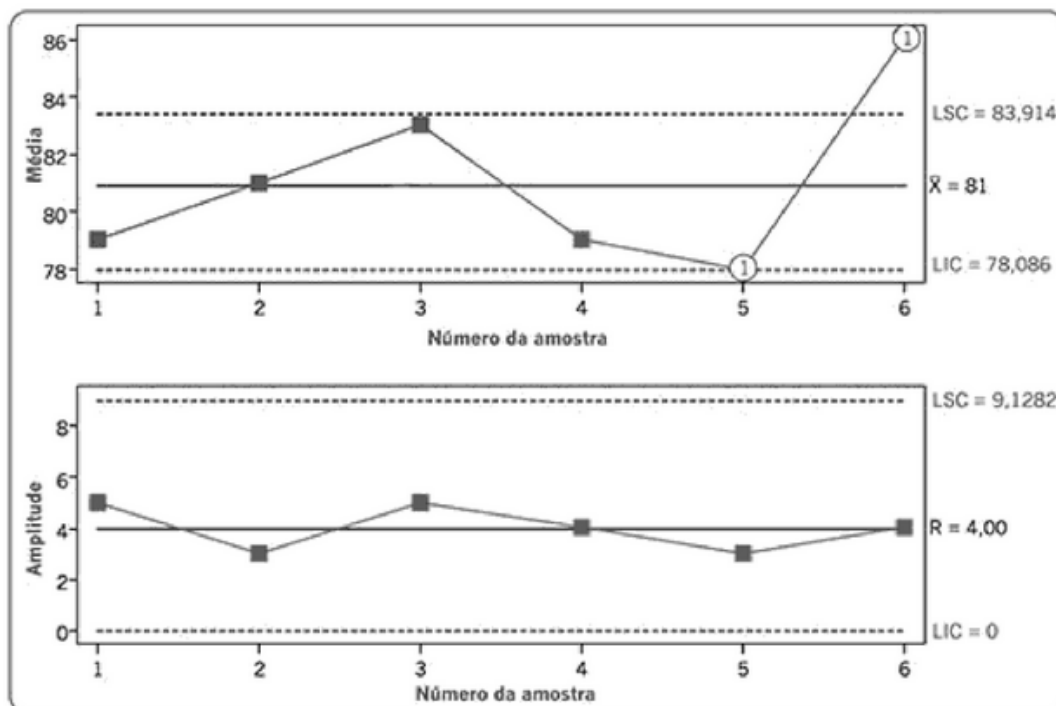


Figura 24 – Gráfico de Controle.

Fonte: VIEIRA, Sonia 2014.

**Fluxograma:** É um resumo ilustrativo do fluxo das várias operações de um processo. Este documenta um processo, mostrando todas as suas etapas. É uma ferramenta fundamental, tanto para o planejamento (elaboração do processo) como para o aperfeiçoamento (análise, crítica e alterações) do processo de acordo com as figuras 25,26,27 e 28.

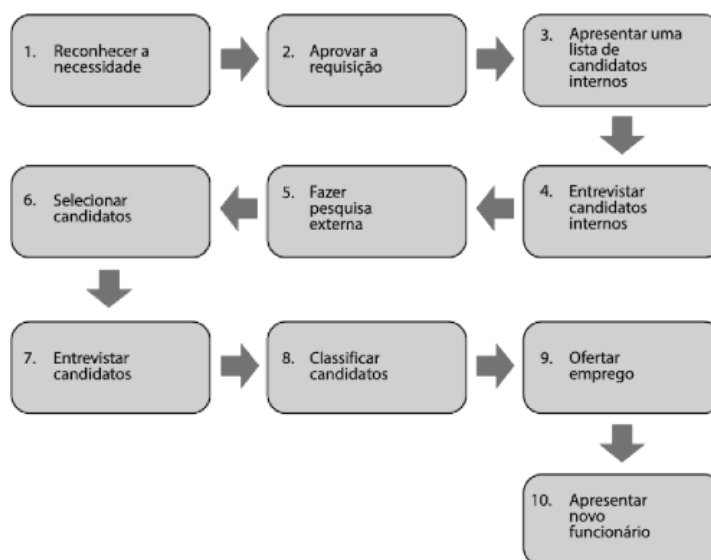


Figura 25 – Fluxograma linear.

Fonte: Ferramentas da Qualidade 2017.

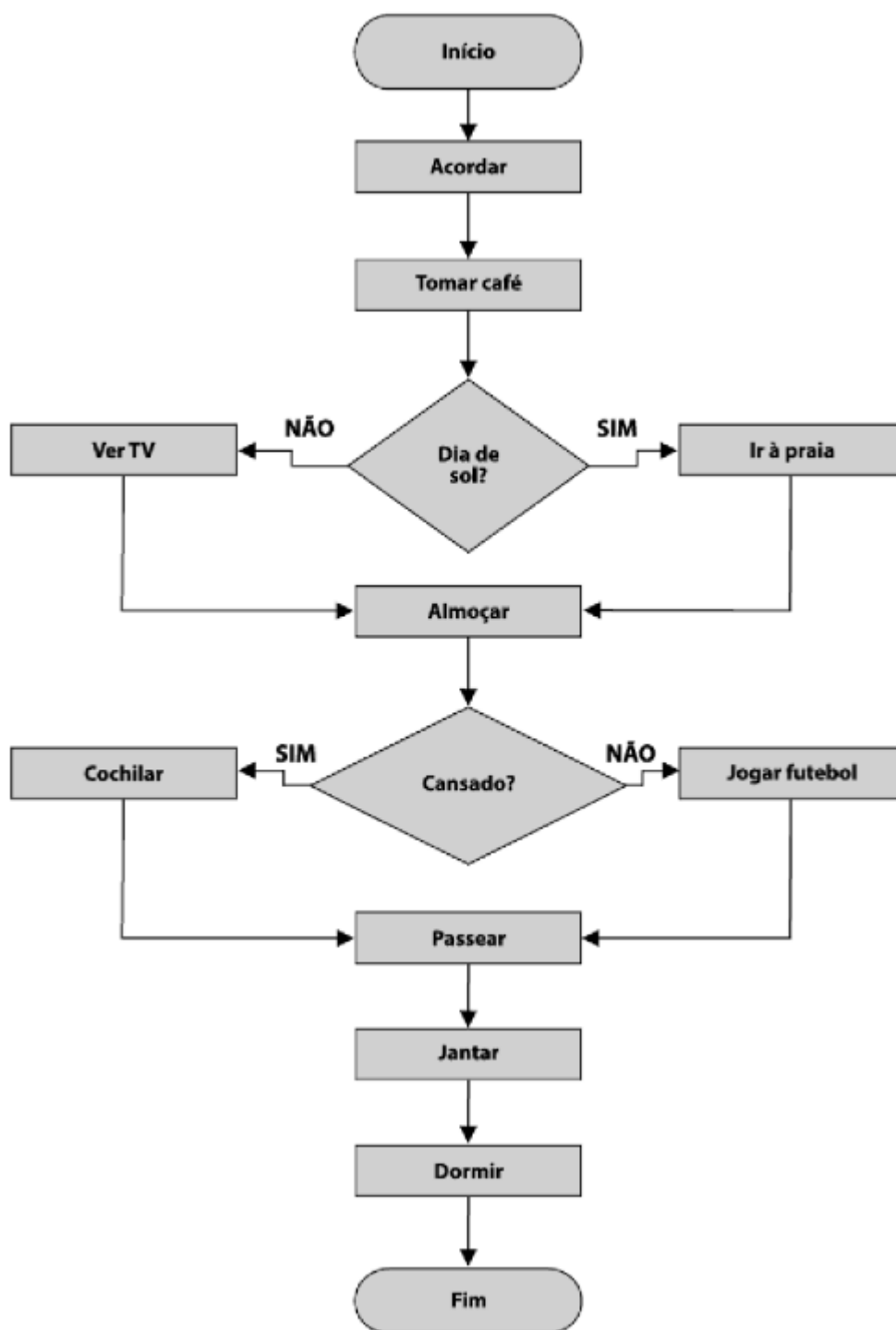


Figura 26 – Fluxograma de processo simples.

Fonte: Ferramentas da Qualidade 2017.

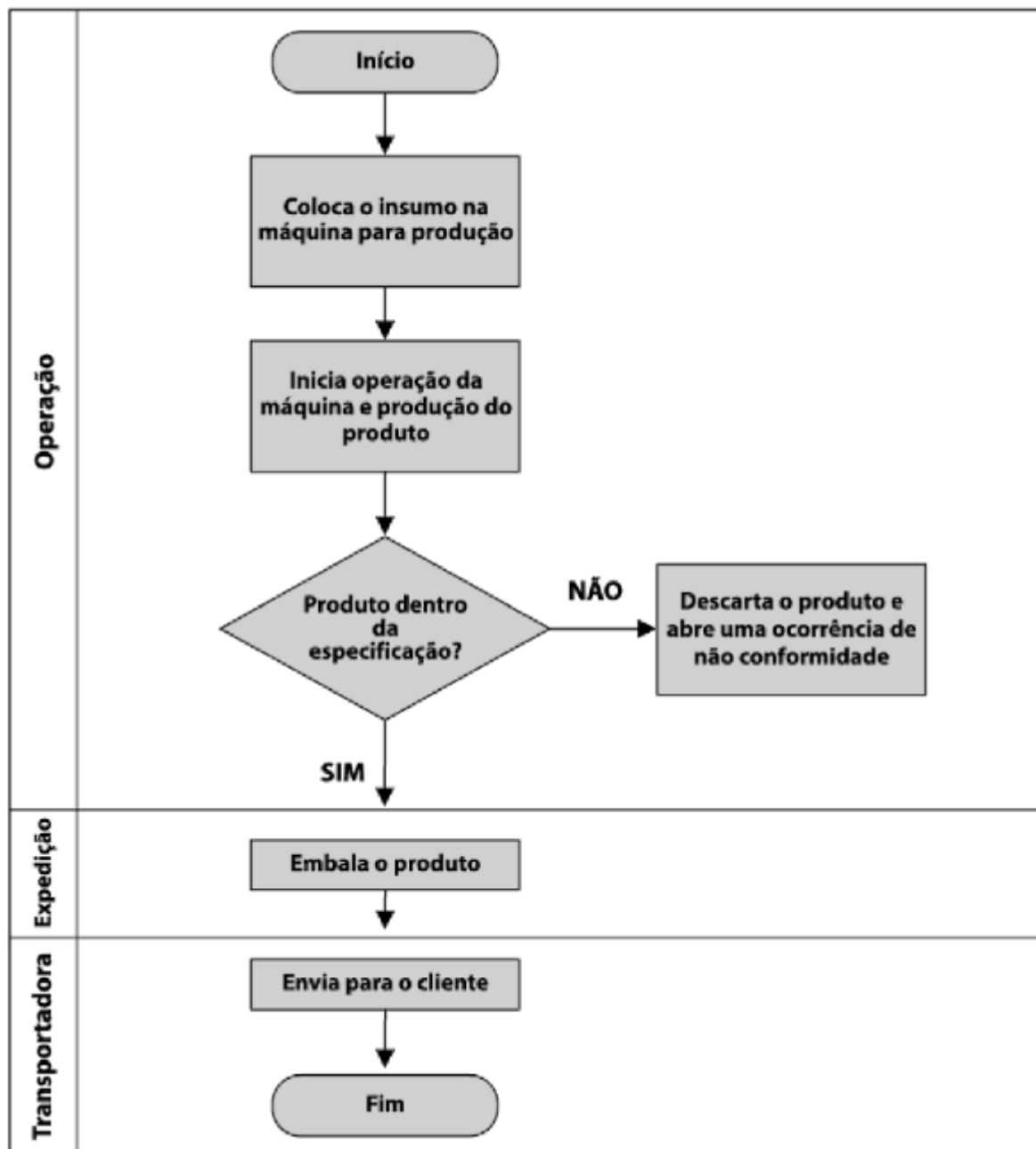


Figura 27 – Fluxograma funcional.

Fonte: Ferramentas da Qualidade 2017.

Símbolos	●	Análise ou operação	Totais			
	→	Transporte				
	■	Execução ou inspeção				
	▲	Arquivo provisório				
	▼	Arquivo definitivo				
Rotina: Atual <input checked="" type="checkbox"/> Proposta <input type="checkbox"/>		Tipo de Rotina				
Setor: _____						
Efetuado por: _____						
Data: _____						

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição dos passos
1	○	→	□	△	▽		
2	○	→	□	△	▽		
3	○	→	□	△	▽		
4	○	→	□	△	▽		
5	○	→	□	△	▽		
6	○	→	□	△	▽		
7	○	→	□	△	▽		
8	○	→	□	△	▽		
9	○	→	□	△	▽		
10	○	→	□	△	▽		
11	○	→	□	△	▽		
12	○	→	□	△	▽		
13	○	→	□	△	▽		
14	○	→	□	△	▽		
15	○	→	□	△	▽		

Figura 28 – Fluxograma vertical.

Fonte: Ferramentas da Qualidade 2017.

**Brainstorming:** A filosofia básica do Brainstorming é deixar vir à tona todas as idéias possíveis sem criticar durante a sua exposição. O objetivo é obter o maior número possível de sugestões, para fazer posteriormente o julgamento.

“Ideias consideradas loucas podem ser as grandes soluções ou trazerem as principais contribuições” (VIEIRA, 2007, p.49)

**5W2H:** É um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. O 5W2H deve ser estruturado para permitir uma rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto, conforme abaixo:

What – O que será feito

Why – Por que deve ser realizado cada tarefa

Where – Onde cada tarefa será executada

When – Quando cada tarefa deverá ser executada

Who – Quem irá realizar as tarefas

How – Como será realizado cada tarefa

How much – O custo de cada tarefa

What	Why	Where	When	Who	How	How much
Criação de um novo website	Aumentar a geração de oportunidades comerciais	Online	De 01/11/2015 a 15/11/2015	Pedro Campos	Contratação de Agência Especializada	R\$ 4.500,00
Capacitação da equipe de atendimento	Reduzir o número de reclamações dos clientes	Campinas	10/11/2015	Equipe de Atendimento	Treinamento In-Company	R\$ 9.000,00
Implantação de um sistema de Gestão Orçamentária	Melhorar a previsibilidade de resultados e reduzir riscos futuros	Online	De 05/11/2015 a 10/11/2015	Camila Campos	Constratação de solução online especializada	R\$ 399,00 mensais

Figura 29 – 5W2H.

Fonte: Treasy Planejamento e Contraladoria 2017.

Deste modo estamos na era da Gestão Total da Qualidade onde devemos planejar estrategicamente a qualidade e esta estratégia devem estar alinhados com a visão, missão e objetivos da organização, deste modo as metodologias e/ou ferramentas tais com QFD, Lean Seis Sigma e outros ajudam suportar a gestão total da qualidade.



## 2.4 Market Share

O Brasil está entre os cinco maiores produtores mundiais de rochas ornamentais. Empregadas como elemento estrutural de monumentos, na fabricação de concreto e na construção civil, o uso das rochas ornamentais teve seu início quando o homem utilizava as cavernas para abrigo e proteção.

O Brasil e o Espírito Santo são grandes produtores de rochas ornamentais. O estado é o maior exportador brasileiro, sendo responsável por 65% das exportações do país em 2006.

A maior cidade da região sul do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, é conhecida nacionalmente pela produção de rochas ornamentais, destacando-se pelo pioneirismo no setor.

O mercado de rochas ornamentais e de revestimento compreende os mármore e granitos, que perfazem cerca de 90% da produção mundial, e outras rochas de revestimento, segundo as suas respectivas conceituações comerciais:

- **Mármore:** rochas calcárias ou dolomíticas, sedimentares ou metamórficas, que possam receber desdobramento seguido de beneficiamento (polimento ou apicoamento);
- **Granitos:** grande variedade de rochas silicáticas de origem tanto ígnea quanto metamórfica, rocha não calcária ou dolomítica, que apresenta boas condições de desdobramento, seguida de beneficiamento (polimento, apicoamento ou flameamento);
- **Rochas para revestimento:** rochas naturais que, submetidas a processos diversos e graus variados de desdobramento e beneficiamento, são utilizadas no acabamento de superfícies, especialmente em pisos e fachadas, em obras de construção civil; e
- **Rochas ornamentais:** material rochoso natural submetido a diferentes graus e/ou tipos de beneficiamento ou afeição (bruta, aparelhada, picotada, esculpida ou polida) utilizado para exercer uma função estética.

Período	Mercado Externo (t)	Mercado Interno (t)	Produção Total (t)
2011	2.900.000 (-3%)	6.100.000 (+3,2%)	9.000.000 (+1,1%)
	32,2%	67,8%	100%
2012	3.000.000 (+3,4%)	6.300.000 (+3,3%)	9.300.000 (+3,3%)
	32,3%	67,7%	100%
2013	3.600.000 (+20,0%)	6.900.000 (+10,0%)	10.500.000 (+13,0%)
	34,3%	65,7%	100%
2014	3.437.000 (-4,5%)	6.693.000 (-3,0%)	10.130.000 (-3,5%)
	33,9%	66,1%	100%
2015	3.260.000 (-5,0%)	6.240.000 (-7,0%)	9.500.000 (-6,2%)
	34,3%	65,7%	100%
2016	3.400.000 (+4,5%)	5.900.000 (-5,0%)	9.300.000 (-2,1%)
	36,6%	63,4%	100%

Figura 30 – Evolução da Produção Brasileira de Rochas para o Mercado Interno e Externo.

Fonte: ABIROCHAS 2017.

O Market share é a parte que cada marca representa dentro de um nicho de negócio. Por exemplo, quando dizemos que o refrigerante X tem cinquenta e cinco % de Market share, significa que cinquenta e cinco por cento que consume refrigerante prefere e/ou toma o refrigerante X. Assim aumentar a fatia do mercado, o Market share, de uma empresa é o sonho de todo executivo. “ O sucesso de uma organização depende de sua habilidade de oferecer melhores produtos e serviços a melhores custos que seu competidor.” (DANIELS, 1989, p.85).

Dessa maneira, muitos autores apontam a qualidade com uma atividade inserida dentro do marketing da organização, uma vez que a qualidade depende essencialmente de informações e pesquisas sobre as necessidades e exigências de clientes, e para com os fornecedores.

“Os funcionários de marketing devem naturalmente compreender não apenas as necessidades do cliente, mas também conhecer a capacidade de sua própria organização em atendê-las.” (OAKLAND, 1994, p.19)

“Ao planejamento estratégico orientado para o mercado é o processo gerencial de desenvolver e manter um ajuste viável entre objetivos, habilidades e recursos de uma organização e as oportunidades de um mercado em contínua mudança. O objetivo do planejamento estratégico é dar forma aos negócios e produtos de uma empresa, de modo que eles possibilitem os lucros e o crescimento almejados.” (KOTLER, 2000, P.86).

Kotler ressalta que há muita vantagem em ser o primeiro no mercado. “As empresas pioneiras em novos mercados desenvolvem basicamente vantagens competitivas duradouras. Basta a gente pensar na Coca-Cola” (KOTLER, 1991, p.414)

“O que constitui uma estratégia de marketing vitoriosa? ”, pergunta Kotler.

Kotler argumenta que se uma empresa desempenha as mesmas atividades de seus concorrentes, simplesmente um pouco melhor, ele não tem de fato uma estratégia, ele é simplesmente mais eficaz em termos operacionais.

“Um mercado consiste de todos os consumidores potenciais que compartilham de uma necessidade ou desejo específico, dispostos e habilitados para fazer uma troca que satisfaça essa necessidade ou desejo.” (KOTLER, 1998 p. 31).

## 2.5 QFD – Quality Function Deployment

O QFD foi criada no Japão em 1972 pelo estaleiro da Mitsubishi em Kobe. Somente em 1980 o QFD foi adotado nos EUA pelas seguintes organizações Ford, GM – General Motors, AT&T, Bell Laboratories, Digital Equipment, Hewlett-Packard, Procter & Gamble e entre outras. Somente em 1995 o QFD foi adotada no Brasil pelas as indústrias automotivas.

No Brasil o QFD foi traduzido para o português como desdobramento da função qualidade (QFD) e também conhecido como casa da qualidade.

O desdobramento da função qualidade (QFD) é um “sistema” para projetar um produto ou serviço, baseado nas exigências do cliente, com a participação de membros de todas as funções da organização do fornecedor. (OAKLAND, John, 1994).

O QFD é uma ferramenta de comunicação interfuncional que facilita a criação de entendimento das necessidades de outras funções, torna as necessidades explícitas, ajuda entendimento das consequências de decisões e mitiga o risco de necessidades de mudanças no escopo do projeto. (RICARDI, André, 2014).

O cliente tem destacada importância na definição dos atributos dos produtos, de acordo com suas expectativas e necessidades (CHENG, 1995).

O objetivo principal do QFD é coletar dados obtidos diretamente com os clientes, refiná-los e processá-los, de tal maneira que o produto final esteja alinhado com as necessidades e atributos, estabelecidos pelo próprio cliente conforme a figura 31. Assim, os objetivos do desdobramento da função da qualidade incluem, porém não se limitando a eles (OFJUI; ONO; AKAO, 1997):

- Estabelecer a qualidade projetada e planejada;
- Analisar e comparar, com produtos dos concorrentes;
- Identificar os pontos de controle nos locais de trabalho;
- Reduzir o tempo de desenvolvimento de produtos; e
- Aumentar a satisfação e a base de clientes.

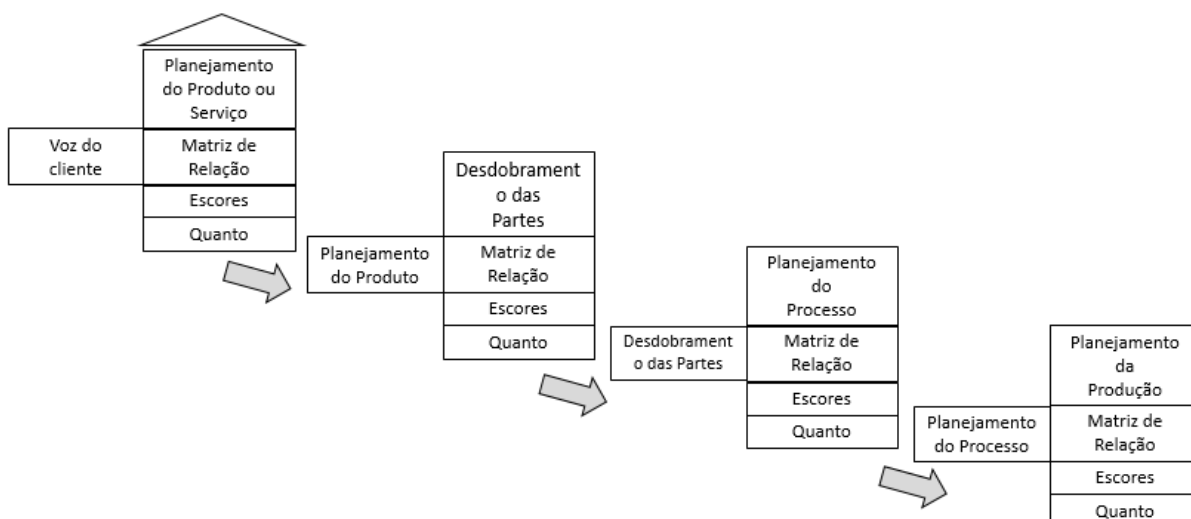


Figura 31 – Desdobramento da casa da qualidade

Fonte: CARVALHO, 1997.

O início de um trabalho de QFD se dá com a composição do grupo multidisciplinar, que será decidido com base nas exigências detalhadas de cada organização. É de fundamental importância que, ao longo do desenvolvimento do novo produto, exista uma estreita relação entre as áreas de pesquisa e desenvolvimento, marketing e operações.

Após o grupo estar definido, é necessário responder a três perguntas básicas: QUEM são os clientes? QUAIS as necessidades dos clientes? E COMO atender essas necessidades? Essas três perguntas serão o alicerce da “casa da qualidade”. A matriz recebe esse nome, pois o processo de desenvolvimento de um produto ou serviço, através do método QFD, é similar ao de construção de uma casa, onde a focalização é o desejo e a necessidade do cliente e não as inovações tecnológicas.

A construção da casa da qualidade começa com as exigências do cliente (definição dos objetivos), que são detectadas através de pesquisas de mercado, onde os clientes são ouvidos e os “quês” são identificados.

Uma vez que os requisitos dos clientes foram identificados, são atribuídos pesos (os pesos normalmente variam de 1 a 7) aos “quês” identificados, e os mesmos são colocados em ordem de importância. Após os requisitos dos clientes

terem sido colocados em ordem de importância, então é realizada outra avaliação com os clientes, onde é comparado o produto ou serviço que está sendo estudado com a concorrência (avaliação da concorrência pelo cliente).

A segunda fase do QFD é o momento onde os desejos e necessidades dos clientes são traduzidas em “como”, ou seja, em requisitos de cunho técnico, que ao invés de qualitativos, como os “quês” expressos pelos clientes, devem ser mensuráveis e controláveis. Estabelece-se então uma direção de melhoria para cada “como”, e os “como” são correlacionados com o objetivo de se avaliar o impacto de um “como”, quando se melhora ou piora um outro “como” (matriz de correlação – telhado da casa).

O próximo passo é garantir a satisfação do cliente, ou seja, qual deve ser o valor do produto para garantir que o cliente esteja satisfeito (quanto, valor alvo a alcançar). Com o produto desenhado e valor atribuído, é feita uma nova avaliação da concorrência, porém desta vez do ponto de vista técnico, e não pela percepção dos clientes (avaliação técnica da concorrência). Para conseguir mensurar se a intensidade com que o cliente percebe se o “quê” foi atendido é equivalente à maneira alcançada para obter o produto desenvolvido (como), é utilizada uma matriz de relações, onde são utilizados graus de intensidade (baixo, médio e alto). Os graus de intensidade são relacionados com a ordem de importância fornecida pelo cliente e geram os escores absolutos, que representam a importância relativa de cada “como” no atendimento do conjunto de itens “que”.

O processo de desdobramento dos “quês” em “comos” e “comos” e “quês” ocorrem em todas as quatro fases do processo de QFD - planejamento do produto; desenvolvimento dos componentes; planejamento do processo e planejamento de produção basicamente. Os procedimentos descritos acima ocorrem na montagem da fase 1 (planejamento do produto), referente à casa da qualidade conforme figura 32.



Figura 32 – Casa da Qualidade.

Fonte: GUINTA, PAIZALER, 1993. P.33, Adaptado

## 2.6 6 SIGMA

Segundo Cleto e Quinteiro (2011), o nome Seis Sigma é uma referência à letra Sigma “ $\sigma$ ” do alfabeto grego, que representa a unidade de desvio-padrão de uma distribuição normal de valores ou medidas, sendo este um método quantitativo que busca a redução da variabilidade dos processos e aumento da qualidade dos produtos e processos.

O modelo 6 sigma passou a ser reconhecido o modelo de excelência da Motorola quando a empresa recebeu o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige em 1988.

A história da metodologia Six Sigma teve início na Motorola, quando o presidente, Bob Galvin, ciente que a sobrevivência da organização estava ameaçada, por problemas de ineficiência interna de qualidade e lucratividade, comuns à maioria das empresas, e ao analisar os resultados alcançados pela empresa HP após 10 anos de esforços em ações de melhorias, principalmente com

o programa de melhoramento “10X” solicita a seus colaboradores, que busquem metodologias para implementar melhorias, suprimindo gastos e melhorando os processos (WATSON, 2000, p. 82-86).

O programa 6 sigma tem como marca principal a utilização constante de ferramentas estatísticas para verificar a variabilidade e o desempenho dos processos. O 6 sigma significa em linguagem estatística 6 desvios padrão, assim neste modelo as organizações conseguem reduzir as margens de defeitos para próximo de zero, o que chega a representar em alguns casos o máximo de 3,4 defeitos para 1 milhão de oportunidades conforme figura 33.

Seu nível de perfeição é...	Seu DMPO é...	Seu Sigma é...
30,9 %	690.000	1,0
69,2 %	308.000	2,0
93,3 %	66.800	3,0
99,4 %	61.210	4,0
99,98 %	320	5,0
99,9997 %	3,4	6,0

Figura 33 – Tabela Simplificada de Conversão 6 Sigma

Fonte: PANDE, NEUMAN, CAVANAGH, 2001

Entretanto o conceito 6 sigma não é baseado somente em controles estatísticos de variabilidade e processos, ele também exige o entendimento preciso das necessidades dos clientes assim nesse caso foi possível a utilização do QFD para este item, uso disciplinado dos fatos, dados e informações estatísticas e a integração entre os gerenciamentos da rotina, das diretrizes e por processo.

O alinhamento da qualidade com as estratégias de negócios da organização, viabiliza a seleção de projetos que geralmente são selecionados aqueles que demonstram contribuir de forma assídua para o atingimento dos objetivos estratégicos.

Após a seleção do projeto 6 sigma é definido a equipe de projeto que é composta pelo Champion, Master Black Belt, Black Belts e Green Belts (Wilson, 1999), essas pessoas são treinadas para implantar e realizar escolhas de atividades importantes dentro de um processo.



Assim as responsabilidades de cada um dos envolvidos com o programa 6 sigma são:

- **Champion e patrocinadores:** são pessoas de níveis hierárquico elevado na organização, que entendem a ferramenta e estão comprometidos com o seu sucesso e define a direção que o projeto irá tomar. Responsável pelo apoio ao projeto e remover possíveis barreiras.
- **Master Black Belts:** são pessoas com a liderança técnica do programa 6 sigma e o mais alto nível de domínio técnico e organizacional e devem ser conhecedores profundos das teorias matemáticas na qual os métodos estatístico se baseiam. Responsável por conduzir os treinamentos estatísticos para o projeto, são os mentores dos Black Belts e assessoram o Champion e/ou patrocinadores.
- **Black Belts:** são pessoas com orientação técnica elevada, estão envolvidos no processo de desenvolvimento e mudança organizacional,
- **Green Belts:** são pessoas que participam das equipes que conduzem os projetos 6 sigmas e são liderados pelos black belts. São capazes de formar e facilitar equipes e de gerenciar os projetos 6 sigmas, desde a concepção até a conclusão.

“A ideia de se estabelecer um paralelo entre a luta de caratê e a implementação do programa 6 sigma surgiu porque ambas dependem de força, velocidade, e determinação, bem como de disciplina mental e treinamentos sistemático intensivo.” (MARSHAL et al., 2016)

### 2.6.1 DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve and Control

De acordo com Fraz (2003) e Ferreira e Ferreira (2015), aliado a metodologia do Seis Sigma pode ser utilizada uma ferramenta bastante conhecida para a solução de problemas mais complexos chamada de DMAIC, esta serve como diagnóstico dos problemas. É proveniente do termo em inglês: Define (definir), Measure (medir), Analyze (analisar), Improve (melhorar), Control (controlar), esta

ferramenta auxilia na identificação dos problemas e possíveis soluções do mesmo relatando cada passo a ser realizado. Utilizando esse conjunto de etapas bem definidas, que utiliza de várias ferramentas e técnicas estatísticas para que se atinja a melhoria dos processos e a qualidade dos produtos conforme figura 34.

DMAIC	Nº da etapa	Etapa	Objetivo	Atividades
<b>D</b>	<b>1</b>	<b>Define</b>	Definir com precisão o escopo do projeto.	I – Validar a importância do projeto. II – Constituir a equipe responsável pelo projeto. III – Elaborar o Project Charter. IV – Identificar as principais necessidades dos clientes e consumidores.
<b>M</b>	<b>2</b>	<b>Measure</b>	Determinar a localização ou o foco do problema.	I – Avaliar se os dados existentes são confiáveis. Em caso afirmativo, utilizá-los. Em caso negativo, coletar novos dados. II – Identificar os problemas prioritários. III – Estabelecer a meta de cada problema prioritário.
<b>A</b>	<b>3</b>	<b>Analyze</b>	Determinar as causas de cada problema prioritário.	I – Analisar o processo gerador do problema prioritário. II – Identificar e priorizar as causas potenciais do problema prioritário. III – Quantificar a importância das causas potenciais priorizadas.
<b>I</b>	<b>4</b>	<b>Improve</b>	Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.	I – Identificar soluções prioritárias. II – Testar em pequena escala as soluções prioritárias. III – Avaliar se a meta foi alcançada. Em caso afirmativo, elaborar e executar um plano para implementar as soluções em larga escala. Em caso negativo, retornar à etapa M ou aplicar o Design for Lean Six Sigma.
<b>C</b>	<b>5</b>	<b>Control</b>	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.	I – Avaliar o alcance da meta em larga escala. II – Se a meta foi alcançada, padronizar as alterações, transmitir os novos padrões e implementar um plano para monitoramento da performance e tomada de ações corretivas caso surjam anomalias. III – Se a meta não foi alcançada, retornar à etapa M ou aplicar o Design for Lean Six Sigma. IV – Sumarizar o trabalho e fazer recomendações.

Figura 34 – Detalhamento das Etapas do DMAIC

Fonte: WERKEMA, BANAS QUALIDADE

Segue uma descrição das etapas do DMAIC:

### 2.6.1.1 D – Define (definir)

Para definir os projetos Seis Sigma são identificados para serem desenvolvidos na empresa, com o objetivo de primeiro satisfazer as expectativas dos clientes em termos de qualidade podemos utilizar o QFD, preço e prazo de

entrega. Podemos utilizar também a ferramenta Team Charter, que ajuda a definir a situação do negócio, a oportunidade de projeto, o objetivo, o escopo do projeto, o plano do projeto e a seleção de equipe. Algumas ferramentas que podem auxiliar os processos dessa fase são:

- Brainstorm;
- Técnica do grupo nominal;
- Diagrama de causa efeito;
- Gráfico de pareto;
- Histograma;e
- Carta de controle.

A fase D – Define (definir) contempla os seguintes elementos:

1. Declaração do problema: determina o foco do projeto através da descrição da situação que deve ser melhorada;
2. Mapeamento do processo: permite o melhor entendimento do processo e de suas atividades;
3. Voz do cliente – VOC: é a declaração do problema sob o ponto de vista do cliente;
4. Crítico para o Cliente – CTC: identifica as características do produto ou serviço que são importantes para o consumidor;
5. Definição do defeito –  $Y = f(x)$ : relaciona o item crítico para o cliente com as variáveis do processo.
6. Escopo do projeto: é a extensão na qual as variáveis ou fatores serão medidos e analisados para atingir a melhoria do processo;
7. Custo da falta de qualidade: representa o custo referente aos erros e ineficiências do processo que resultam no problema; e
8. Objetivo do projeto: qual a contribuição que se espera do projeto aos indicadores e objetivos da organização.

#### **2.6.1.2 M – Measure (medir)**

Nesta etapa são realizadas ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos e à quantificação da sua variabilidade. Por meio da equipe, são identificadas as “Variáveis de Entrada de Processos Chave” (KPIVs) e

as “Variáveis de Saída de Processos Chave (KPOVs). Algumas ferramentas que podem auxiliar os processos dessa fase são:

- Brainstorm;
- Estratificação;
- Folha de Verificação;
- Gráfico de Pareto;
- Histograma;e
- Carta de controle.

A fase M – Measure (medir) contempla os seguintes elementos:

1. Análise do sistema de medição (MAS): é uma avaliação para quantificar a variação introduzida no processo ou produto pelo ato de medição;
2. Capacidade do processo: é a capacidade inerente de um processo para atender as expectativas do cliente, sem qualquer esforço adicional;
3. Análise de causa e efeito: relacional o diagrama de causa e efeito e a matriz de causa e efeito;
4. Diagrama de Pareto: classifica as ocorrências de um processo da maior para a menor contribuinte; e
5. Ação de contenção: visa eliminar o efeito de um problema.

#### **2.6.1.3 A – Analyze (analisar)**

Serão analisados os dados dos processos estudados, com o objetivo de conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório destes processos, visando a melhoria dos mesmos. As ferramentas utilizadas são: visualização de dados, testes de hipóteses, análise de correlação e regressão e análise de variância. Algumas ferramentas que podem auxiliar os processos dessa fase são:

- Fluxograma;
- Mapa de Processo;
- FMEA;
- Histograma;
- Estratificação;e

- Diagrama de Causa e Efeito.

A fase A – Analyze (analisar) contempla os seguintes elementos:

1. Análise gráfica: são gráficos para a análise dos dados levantados e validação das causas de variação do processo; e
2. Análise de processo: são ferramentas gráficas do processo onde podemos analisar o processo.

#### **2.6.1.4 I – Improve (melhorar)**

Esta etapa consiste no desenvolvimento de Projetos de Experimentos (DOE), com o objetivo de conhecer a fundo cada processo, através da mudança estrutural de níveis de operação. O DOE auxilia a identificar o ajuste das variáveis-chave para modificar e otimizar o referido processo. Algumas ferramentas que podem auxiliar os processos dessa fase são:

- Brainstorm;
- FMEA;
- 5W2H;e
- Diagrama de Causa e Efeito.

A fase I – Improve (melhorar) pode contemplar os seguintes elementos:

1. DOE (Design of Experiments): é uma forma de organizar a maneira pela qual se muda uma ou mais variáveis de entrada (Xs) para ver se qualquer das variáveis, ou qualquer combinação destas variáveis, afeta a saída (y) de forma significativa;
2. Piloto de melhorias: é uma implementação experimental de um projeto de melhoria realizado em pequena escala sob observação; e
3. Validação das melhorias: após implementação do piloto, as melhorias devem ser validadas através do comparativo do processo na situação anterior e posterior.

### **2.6.1.5 C – Control (controlar)**

Nesta última etapa são implementados diversos mecanismos para monitorar o desempenho de cada processo. Entre as técnicas adotadas, destacam-se as seguintes: Cartas de Controle (Target Chart, Nominal Chart, Z Chart, CUSUM Chart), Planos de Controle, Testes de Confiabilidade e Processos à Prova de Erros. Algumas ferramentas que podem auxiliar os processos dessa fase são:

- Gráfico de Pareto;
- Histograma;
- Poka-Yoke;e
- Cartas de Controle.

A fase C – Control (controlar) contempla os seguintes elementos:

1. Dispositivos a prova de erro: são a melhor alternativa para prevenção de defeitos;
2. Gerenciamento e controle visual: são um tipo de estratégia de controle de detecção de erros;
3. Gráficos de controle: é um gráfico de acompanhamento de processos ao longo do tempo com limites de controle superior e inferior distantes 3 desvios padrões de cada lado da média do processo; e
4. MSA de longo prazo: avalia quão preciso e consistente é a medição de um processo.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para este trabalho foi a ferramenta DMAIC em conjunto com o QFD para determinar a VOC – Voice of Customer na fase definir, conforme detalhado abaixo:

#### 3.1 Termo de Abertura de Projeto

Após avaliar e selecionar o principal projeto para melhoria do produto, foi oficializado a abertura através do Termo de Abertura de Projeto, que é o documento de aprovação do projeto, com o levantamento de suas demandas, recursos necessários e resultados esperados. Segundo o Guia PMBOK 5º Edição (2013) o termo de abertura do projeto é o processo de desenvolver um documento que formalmente autoriza a existência de um projeto e dá ao gerente do projeto a autoridade necessária para aplicar recursos organizacionais às atividades do projeto.

#### 3.2 D – Definir

Nesta fase do DMAIC “Definir” foi selecionado membros dos seguintes processos, Qualidade, Compras, Vendas, Manutenção, Assistência Técnica, Produção, Meio Ambiente, Saúde e Segurança para compor a equipe de trabalho deste projeto.

Assim foi refinado o entendimento que o time do projeto tem a respeito do problema, através dos seguintes elementos:

Declaração do Problema: Devido nossa granalha apresentar um maior consumo e/ou menor poder de corte de pedra (abrasividade).

Para definição da Voz do Cliente – VOC utilizamos o QFD enviando para os 11 maiores clientes do segmento um questionário com perguntas abertas e fechadas para definir as características mais importantes para os clientes, assim foi definida as seguintes características em ordem de importância:

1. Consumo de granalha;
2. Velocidade de corte;
3. Consumo de lâmina; e
4. Acabamento da serrada.

Mapeamento do processo: Com a ajuda do resultado da VOC utilizando-se do método do QFD, foi definido a matriz da qualidade onde essa foi desdobrada na matriz de processo para definir os processos alvos onde serão realizadas as ações para melhoria. Assim definimos que os processos estão focados em Peneirar Granalha (1º peneiramento), tratamento térmico e peneiramento final.

Após a definição da qualidade exigida montamos um questionário com perguntas fechadas para que possamos comparar o desempenho dos nossos materiais com os do concorrente e assim foi montada a matriz da qualidade.

E com a matriz da qualidade conseguiu identificar as principais características que devemos atuar para a melhoria na performance do produto.

Logo em seguida foi montada a matriz de processo a partir do desdobramento da matriz da qualidade cruzando as características da qualidade com os processos envolvidos para cada item.

Assim definimos os processos que impactam diretamente as características da qualidade necessário para melhoria na performance do produto.

Definição CTQ (Requisito do Cliente): Aumentar 5% a abrasividade de nosso material e diminuir 10% de consumo de nosso produto.

Definição do Defeito para Y (Métrica): Consumo da Granalha (gr/min) e Abrasividade da Granalha (gr/min).



<b>Objetivo(s) de Desempenho</b>	<b>Atuais</b>	<b>Estimados</b>
Abrasividade da Granalha	0,154 g/min	0,162 g/min
Consumo da Granalha	0,243 g/min	0,218 g/min

COPQ (Custo da Falta de Qualidade): O mercado de granito consumo em média 3.000T/mês, com a recuperação de 4% do Market Share representa 120T/mês e o custo médio do material em R\$ 2,60/kg representa R\$ 3.7440.000,00 anuais que a empresa deixa de faturar.

Definição do problema, escopo e objetivo: Melhorar a performance dos produtos da área de granito, diminuindo o consumo da granalha e aumentando a abrasividade do produto e conquistar o mínimo de 25% do Market Share.

### **3.3 M – Medir**

Inicialmente realizamos uma análise do sistema de medição (MSA) nos parâmetros consumo e abrasividade da granalha para verificar se os operadores entendem a medição e certificar-se de que estão sendo realizadas corretamente. O método de medição de consumo e abrasividade estão definidos no anexo A.

Foi utilizado o método Nested para análise de medição devido os testes que são destrutivos deste modo não é calculado a reprodutibilidade no estudo de MSA.

Então iniciamos avaliação do processo realizando levantamento de dados para estudo de capacidade de processo para reproduzir os resultados de consumo de granalha e abrasividade de granalha.

A equipe de trabalho montou o diagrama de causa efeito para definição das possíveis causas e a matriz de causa efeito para determinar as principais causas do problema.

### **3.4 A – Analisar**

Como definido no item 3.3 M – Medir serão trabalhados em 3 variáveis críticas para o processo conforme a seguir:

- 1) Fabricação de material utilizando-se de subproduto;
- 2) Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra; e
- 3) Material muito duro e material muito mole.

Assim foi analisado todas as variáveis in loco no processo juntamente com os colaboradores da área para entendimento do processo atual, verificação de discrepância no processo e possíveis melhorias no processo.

### **3.5 I – Implementar**

Nesta fase foi desenvolvida, implementada e validado as correções e melhorias para cada causa identificada na fase medir para alcançar os resultados desejados do projeto especificando a ação proposta, responsável pela ação, previsão de início e fim de implementação e status das ações.

Após implementação das ações foi fabricado um lote piloto com 15T para verificação da eficácia das ações em nossos clientes. E também verificado novamente a capacidade do processo após as implementações para validação das ações.

### **3.6 C – Controlar**

Nesta fase foi instituída ações para consolidar as implementações realizadas na etapa I – Implementar.

Assim foi revisado as fichas de processos internos para um controle operacional, criado poka-yoke (dispositivos de segurança) para assegurar que erro não ocorra nos novos processos e criados novos documentos para compartilhar com o departamento de Vendas e Marketing da empresa.

## 4 RESULTADOS

Para cada item relatado na metodologia encontramos os seguintes resultados em nosso trabalho.

### 4.1 Termo de Abertura de Projeto

O termo de abertura foi realizado e oficializado de acordo com o apêndice A desta monografia.

### 4.2 D – Definir

Na fase definir encontrou os seguintes resultados referente dos trabalhos no item 3.2.

Na figura identificamos os processos chaves que nosso trabalho irá trabalhar para melhoria do produto conforme figura 35.

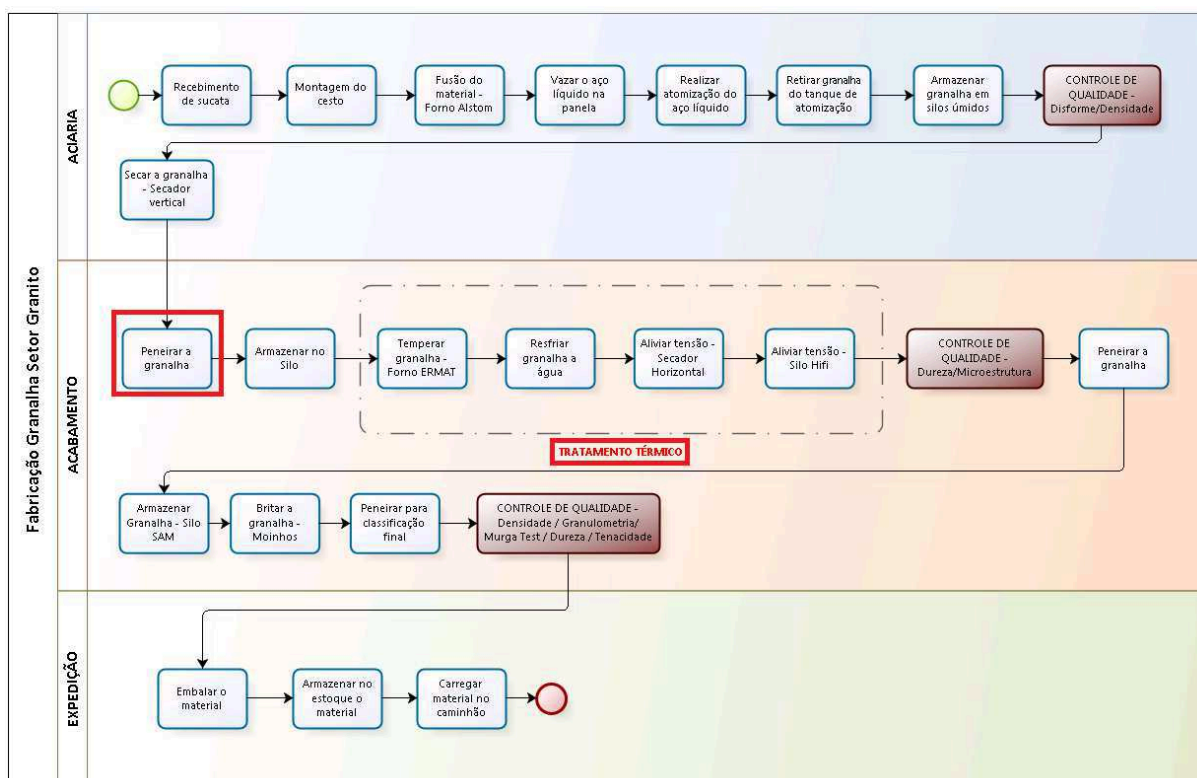


Figura 35 – Fluxo de Processo

Com os resultados do questionário aberto de acordo com Apêndice B e o questionário fechado de acordo com Apêndice C conseguimos determinar a qualidade de acordo com a figura 36.

Tabela da Qualidade Exigida		Característica da Qualidade
Qualidade Primária	Nível II	
Consumo de granalha	Aumentar a concentração da granalha	Granulometria do material (0 - 100%)
	Melhorar composição química	Nível de enxofre e fósforo (%)
	Aumentar a densidade do material	Densidade do material (gr/cm <sup>3</sup> )
	Melhorar a microestrutura do material	Nível de problema de micro estrutura %
Velocidade de corte	Diminuir a quantidade de material amassado (sem pontas de corte)	Densidade do material (gr/cm <sup>3</sup> )
	Diminuir variação de granulometria entre os lotes	Granulometria do material (0 - 100%)
	Aumentar a abrasividade do material	Eficiência de corte (gr/min)
Consumo de lâminas	Diminuir abrasão do material	Eficiência de corte (gr/min)
	Diminuir dureza do material	Dureza(HRC)
Acabamento da serrada	Aumentar a resistência do material	Life Test (gr/100 ciclos)
	Eliminação de contaminação (granalhas maiores que a especificação)	Quantidade de contaminação (%)

Figura 36 – Tabela Qualidade Exigida

Deste modo conseguimos montar nossa matriz da qualidade conforme figura 37 cruzando a tabela da qualidade exigida com a característica da qualidade do produto.

Fabricação de Granalha - Matriz da Qualidade		Qualidade Planejada																
		Característica da Qualidade							Avaliação de Desempenho				Planejamento			Peso		
		Granulometria do material (0 - 100%)	Nível de enxofre e fósforo (%)	Nível de problema de micro estrutura (carbonetos em rede, descarbonização, perlite e austenita reida) %	Densidade do material (gr/cm <sup>3</sup> )	Eficiência de corte (gr/min)	Life Test (gr/100 ciclos)	Dureza(HRC)	Quantidade de contaminação (%)	Grau de importância	IKK DO BRASIL	GARLIVA	SINTO	Plano de Qualidade	Índice de Melhoria	Argumento de Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo
Tabela da Qualidade Exigida																		
Nível I																		
Menor consumo da granalha	Aumentar a concentração da granalha	9			9	3	9		9	5	4	4	4	5	1,37	1,5	10,25	13,21%
	Melhorar composição química		9	9	1	9	9	3		3	4	4	4	4	1,00	1,5	4,50	5,80%
	Aumentar a densidade do material	9	1	1	9	9	9	3	1	5	3	4	4	4	1,33	1,5	10,00	12,90%
	Melhorar a microestrutura do material			9		9	9	1		4	4	4	4	4	1,00	1,2	4,80	6,19%
Boa velocidade de corte	Diminuir a quantidade de material amassado (sem pontas de corte)	1			9	9	3			5	4	4	4	5	1,31	1,5	9,79	12,63%
	Diminuir variação de granulometria entre os lotes	9			9	9	9		1	5	3	4	4	4	1,33	1,5	10,00	12,90%
	Aumentar a abrasividade do material	1	3	9		9	1	9	1	5	4	4	4	4	1,04	1,2	6,27	8,08%
Baixo consumo de lâminas	Diminuir abrasão do material		1	1	9	9		9		3	4	3	4	4	1,11	1,0	3,33	4,30%
	Diminuir dureza do material					9	9	9		3	4	3	4	4	1,00	1,2	3,60	4,64%
Proporcionar um bom acabamento de serrada	Aumentar a resistência do material	1	9	9			9	9		5	4	4	4	5	1,25	1,2	7,50	9,67%
	Eliminação de contaminação (granalhas maiores que a especificação)	3							9	5	4	4	4	4	1,00	1,5	7,50	9,67%
																<b>77,54</b>	<b>100,00%</b>	

Figura 37 – Matriz da Qualidade

Com o resultado da matriz da qualidade definimos as principais características da qualidade que deveríamos atuar para o trabalho conforme figura 38.

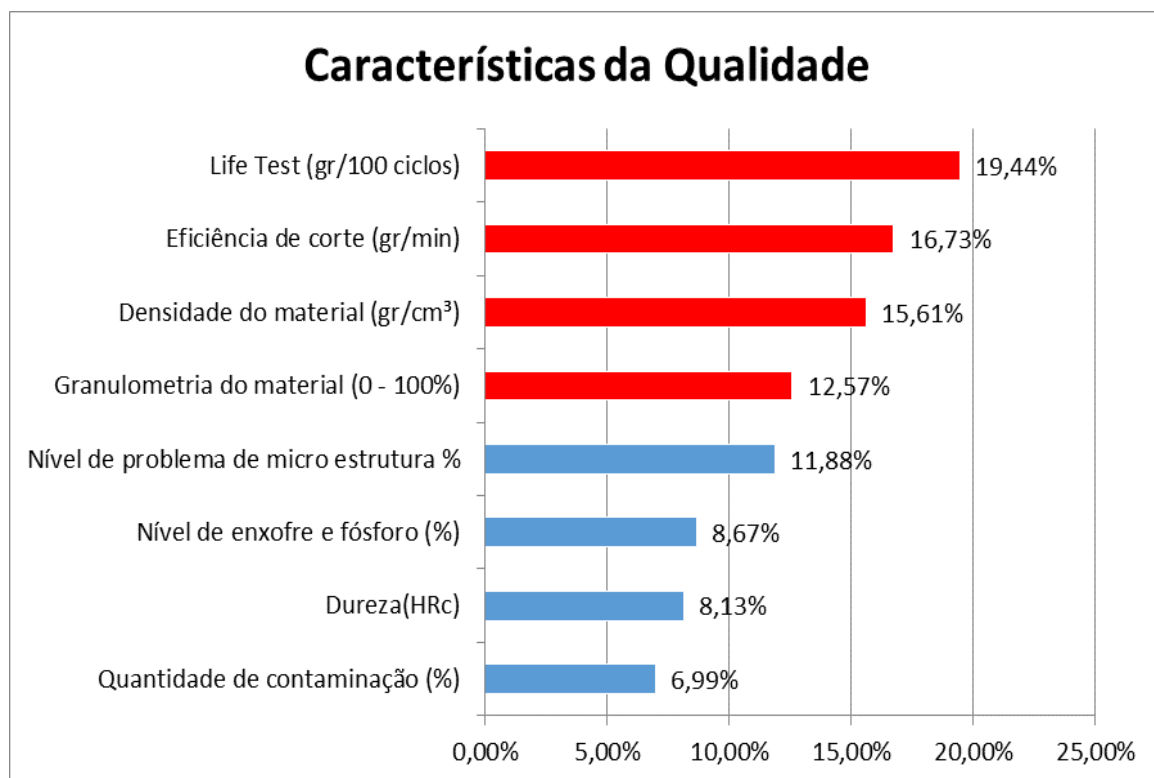


Figura 38 – Características da Qualidade

Com a definição das características da qualidade foi montada a matriz de processo cruzando-as com os processos relevantes para cada item de acordo com a figura 39.

Fabricação de Granalha - Matriz do Processo	Qualidade Planejada								
	Característica da Qualidade						Peso		
	Peneiramento final	Fusão do material	Tratamento térmico (têmpera)	1º Peneiramento	Moinhos	Alívio de Tensão	Tratamento térmico (revenimento)	Peso Absoluto	Peso Relativo
Nível II									
Granulometria do material (0 - 100%)	9			3				318,27	12,79%
Nível de enxofre e fósforo (%)		9						140,13	5,63%
Nível de problema de micro estrutura (carbonetos em rede, descarbonitização, perlite e austenita retida) %		9	9	3				220,93	8,88%
Densidade do material (gr/cm³)	3			9				394,83	15,87%
Eficiência de corte (gr/min)		1	1	9	9		9	501,35	20,15%
Life Test (gr/100 ciclos)	9	9	9	9	9	9	9	491,45	19,76%
Dureza(HRc)			9			3	9	234,60	9,43%
Quantidade de contaminação (%)	9				3			185,98	7,48%
								<b>2487,55</b>	<b>100,00%</b>

								Total
Peso Absoluto	10145,82	8173,99	9024,17	14106,37	9493,21	5126,87	11046,64	67117,07
Peso Relativo	15,12%	12,18%	13,45%	21,02%	14,14%	7,64%	16,46%	100,00%
Custo Objetivado	R\$ 181	R\$ 146	R\$ 161	R\$ 252	R\$ 170	R\$ 92	R\$ 198	R\$ 1.200
Custo Atual	R\$ 89	R\$ 450	R\$ 149	R\$ 21	R\$ 95	R\$ 142	R\$ 210	R\$ 1.156

Figura 39 – Matriz de Processo

Com a definição dos processos foi identificado os processos relevantes que iremos trabalhar neste trabalho conforme a figura 40.

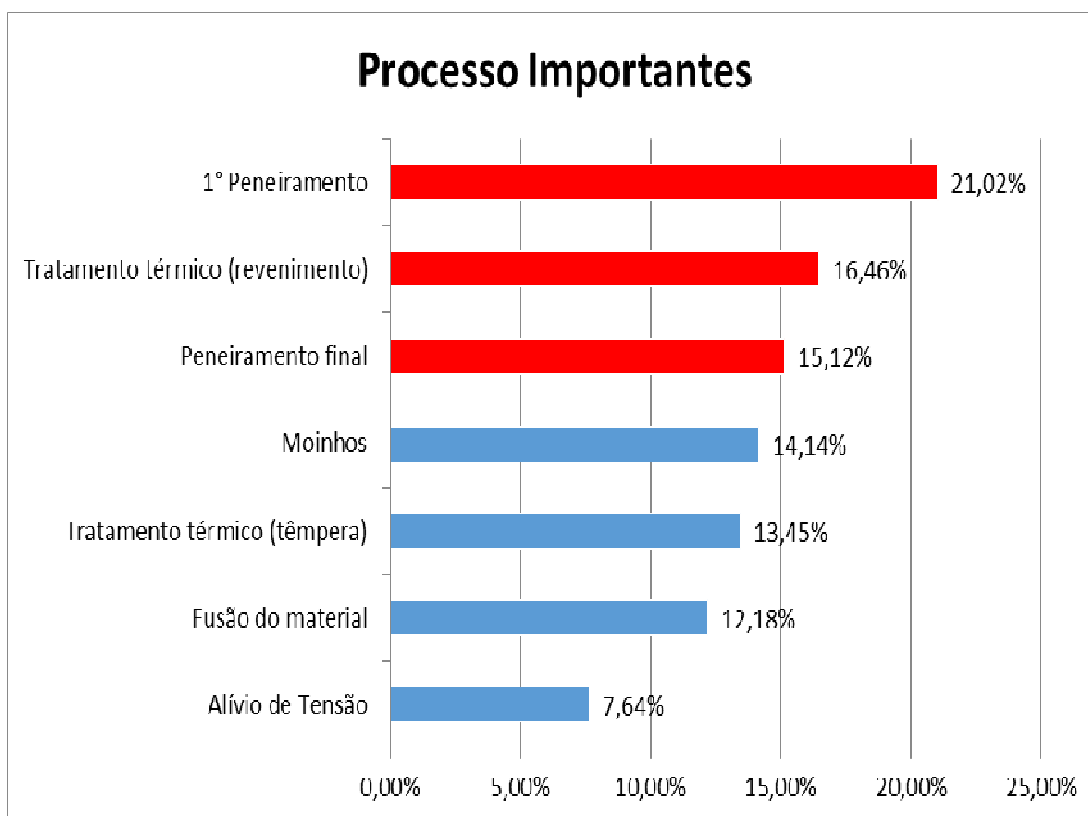


Figura 40 – Processos Importantes

### 4.3 M – Medir

O resultado do estudo de MSA do equipamento utilizado para medição de consumo da granalha conforme figura 41 e abrasividade da granalha conforme figura 42 foram aprovados.

Analisando variação da peça é maior que a variação do sistema de medição o resultado demonstrado análise de medição são aceitáveis, pois o equipamento indica a performance e não o resultado real no cliente.

### Análise do Sistema de Medição - Consumo

Gage name: Análise do Sistema de Medição - Consumo  
 Date of study: 17/08/2016

Reported by: Graciliano F. Lourenço  
 Tolerance: Misc:

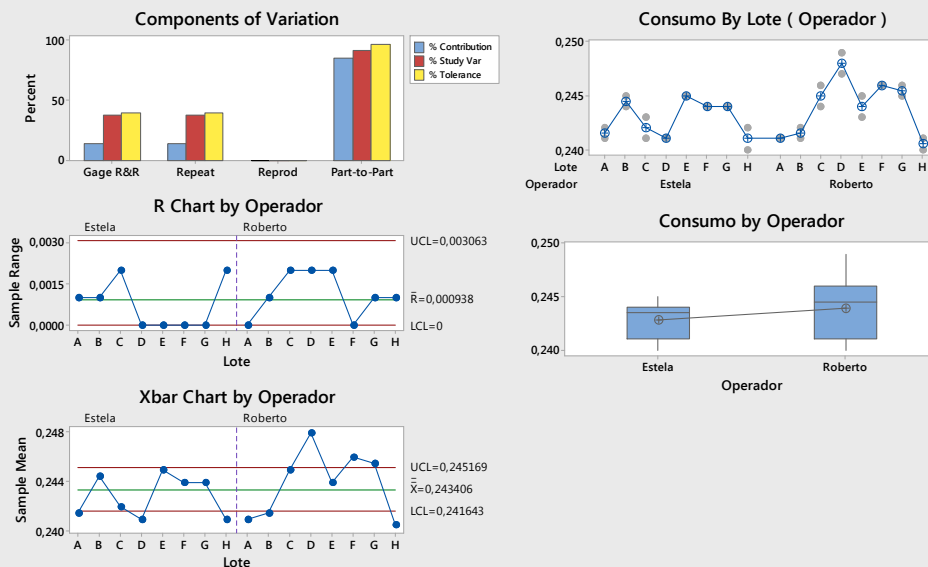


Figura 41 – Análise do Sistema de Medição - Consumo

### Análise do Sistema de Medição - Abrasividade

Gage name: Análise do Sistema de Medição - Abrasividade  
 Date of study: 17/08/2016

Reported by: Graciliano F. Lourenço  
 Tolerance: Misc:

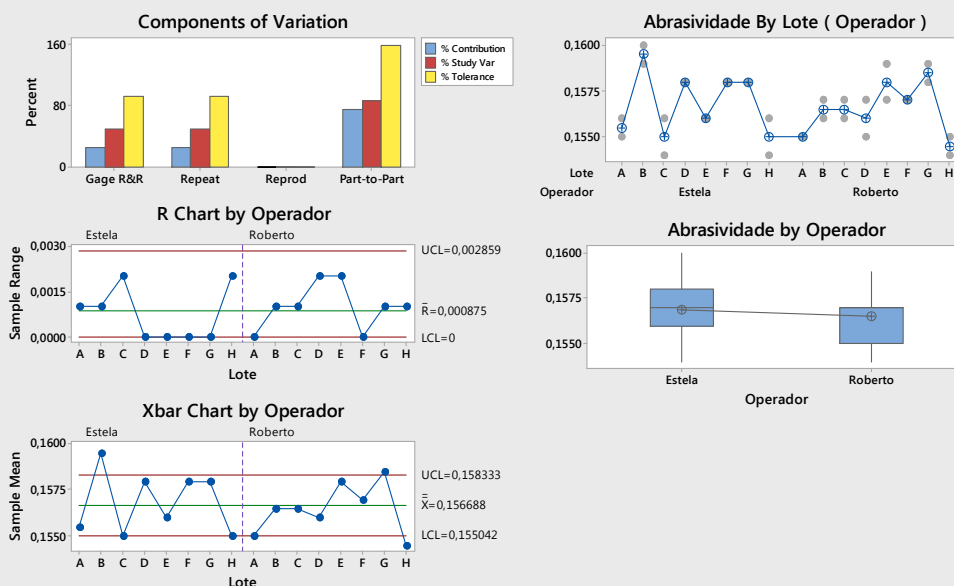


Figura 42 – Análise do Sistema de Medição - Abrasividade



Verificado que a capacidade de processo tanto para o consumo conforme figura 43 e abrasividade conforme figura 44 o Cpk está  $< 1,33$ , sendo 1,14 e 0,77 respectivamente desta maneira deverão ser criadas ações para centralizar os resultados na média.

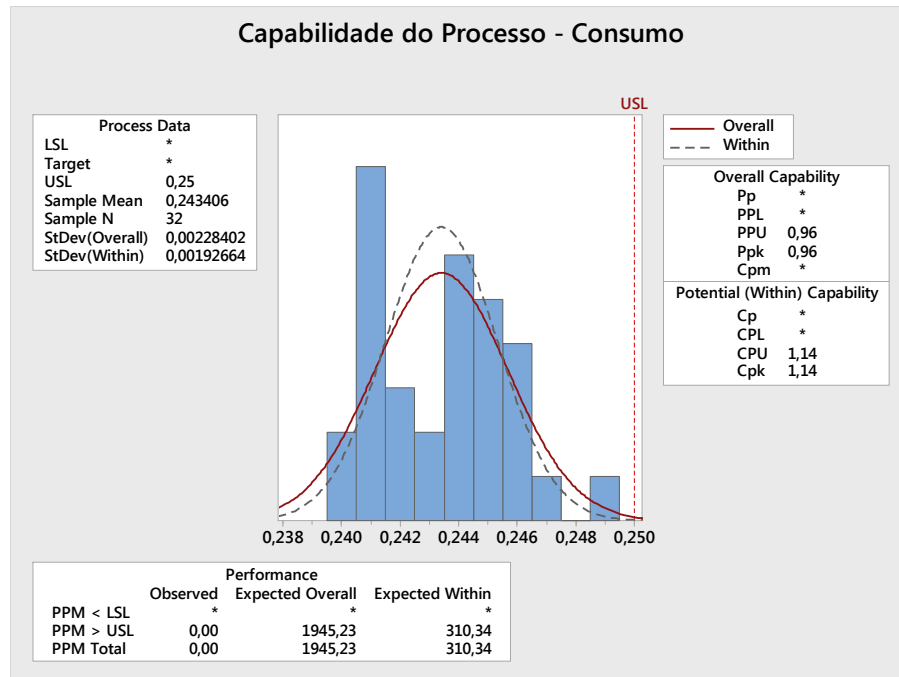


Figura 43 – Capabilidade do Processo – Consumo

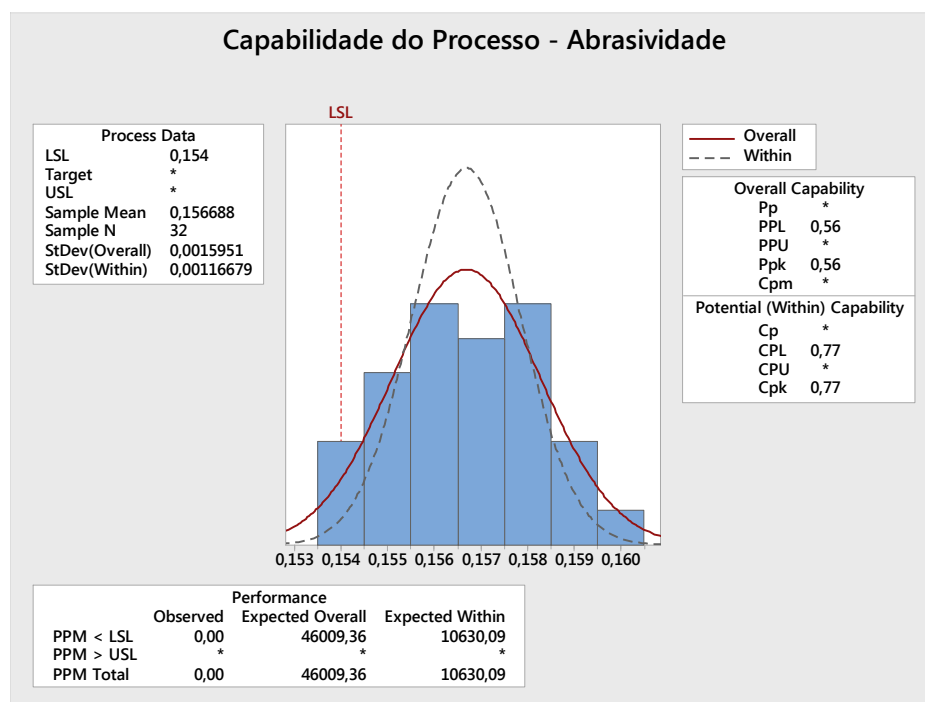


Figura 44 – Capabilidade do Processo – Abrasividade

Com base das informações levantadas a equipe de trabalho definiu as possíveis causas do problema no Diagrama de Causa e Efeito de acordo com a figura 45.



Figura 45 – Diagrama de Causa e Efeito

Assim foi montada uma matriz de causa e efeito figura 46 e diagrama de pareto figura 47 para determinar as causas que serão trabalhadas neste trabalho.

9 - Alto impacto  
3 - Médio impacto  
1 - Baixo impacto

### Matriz de Causa e Efeito

Impacto		9	9	3	3		
		1	2	3	4	5	
Possíveis Causas		Consumo alto de granalha	Baixa velocidade de corte	Consumo alto de lâmina	Acabamento da serrada ruim		Total
1	Material muito duro	9	1	3	1		102
2	Material muito mole	1	9	3	1		102
3	Material quebradiço	9	1	1	1		96
4	Falha na inspeção nas peneiras	3	1	1	9		66
5	Não realizar verificação nos equipamentos de medição	3	3	1	1		60
6	Água do resfriamento do Tratamento térmico fora do especificado	3	3	3	1		66
7	Fabricação de material utilizando-se subproduto	9	9	1	1		168
8	Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra	9	9	1	1		168
9	Moinhos amassando o material	1	9	1	1		96
10	Peneiras com malha rasgadas	1	1	3	3		36
11	Fornos não atingindo temperaturas	9	1	1	1		96
12							0
13							0
14							0
15							0
Total		57	47	19	21		660

Figura 46 – Matriz de causa e efeito

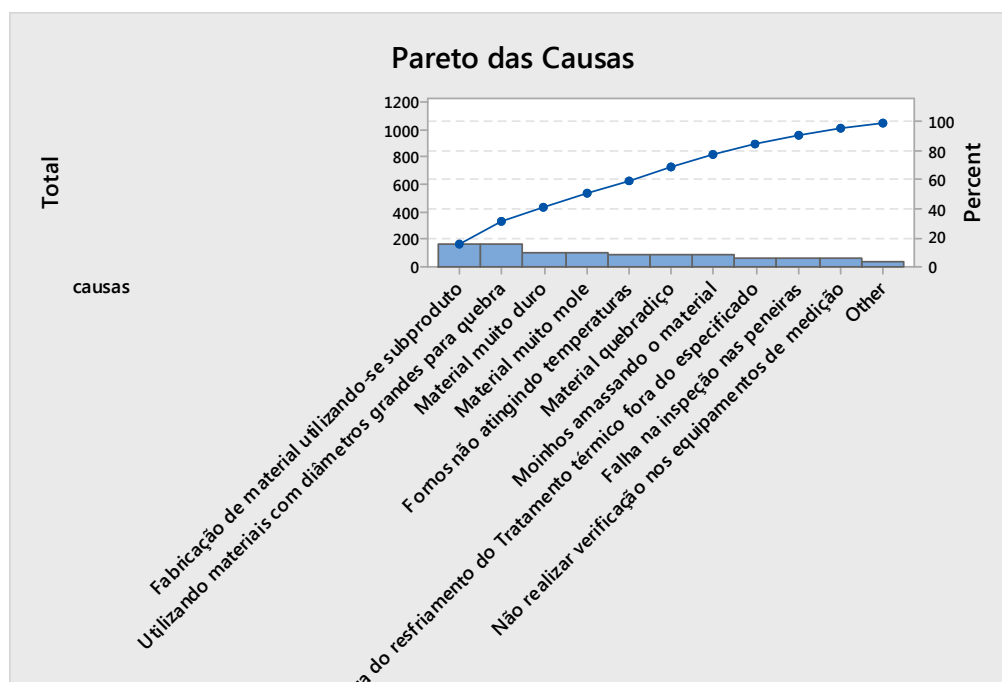


Figura 47 – Pareto das Causas

#### 4.4 A – Analisar

Os resultados das análises verificado no processo das variáveis estudadas do trabalho.

##### 4.4.1 X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto

Atualmente no mercado de granito temos 3 tipos de materiais de acordo com ABNT NBR 158515:2010, sendo classificados como granalha grossa (0,85mm ~ 1,70mm), granalha média (0,71mm ~ 1,18mm) e granalha fina (0,35mm ~ 1,00mm). Entretanto atualmente o mercado está migrando para utilização de granalha média e fina e na IKK do Brasil a granalha quebra em seus moinhos somente a granalha grossa e granalha média assim a granalha fina é fabricado a partir da parte mais fina que sobra na fabricação de granalha média que é repeneirado para o tamanho da granalha fina.

A granalha esférica é enviada para os moinhos de rolos que realiza a quebras através do atrito dos rolos e granalhas e este material são repassados até que estejam no diâmetro final das peneiras instaladas nos moinhos conforme figura 48.



Figura 48: Moinho de Rolo

Fonte: IKK do Brasil

Após o processo de quebra do material a granalha é peneirada nos jogos de peneiras com 3 decks até o seu diâmetro correto neste caso para granalha média, assim o primeiro deck tem uma peneira com diâmetro 1,18mm para retirar a

parte grossa, o deck central tem a peneira de 0,71mm é onde vai separar o material a granalha média (0,71mm – 1,18mm) e último deck é destinado para granalhas <0,71mm onde será enviado para a repeneirar para fabricação de granalha fina conforme figura 49.

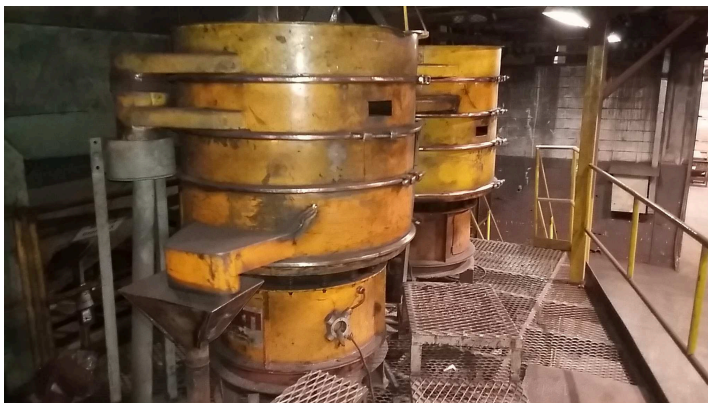


Figura 49: Jogo de Peneiras

Fonte: IKK do Brasil

#### 4.4.2 X2 - Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra

A granalha fina (0,35 ~ 1,00mm) também é gerado a partir de granalhas com diâmetros entre 4mm a 8mm, assim este material deve passar diversas vezes entre nos rolos dos moinhos para quebra até chegar a no diâmetro final assim gerando grandes tensões no material conforme tabela 1.

Tamanho (mm)	Produto
1,36 – 4,00	Granalha média
4,00 – 8,00	Granalha fina e grossa

Tabela 1 – Diâmetro de material para quebra

É realizado um alívio de tensão após a quebra, entretanto não é suficiente para eliminar toda a tensão do produto.

#### 4.4.3 X3 - Material muito duro e material muito mole

Apesar de ter 3 tipos de materiais no mercado distinto pelo o tamanho destas granalhas a IKK do Brasil desenvolveu granalhas mais mole para diminuir o consumo da granalha dos clientes e uma granalha mais dura para aumentar o poder

de corte e diminuir o tempo de fabricação e custo nos clientes, pois atualmente a energia elétrica corresponde a maior despesa no processo desses clientes. Entretanto a granalha mais mole tem uma ótima performance para corte em rochas de dureza menor e uma péssima performance para o corte em rochas com dureza maior. Enquanto a granalha mais dura para rocha de dureza menor tem uma baixa performance em relação ao consumo da granalha e uma ótima performance para corte de rochas de dureza maior. Entretanto essa informação não é desdobrada para os setores de vendas e assistência técnica e quando um cliente solicita uma granalha está sendo realizado pela escolha do tamanho sem direcionar para o tipo de aplicação da granalha.

“Os funcionários de marketing devem naturalmente compreender não apenas as necessidades do cliente, mas também conhecer a capacidade de sua própria organização em atendê-las”. (Oakland, 1994, p.19)

#### 4.5 I – Implementar

Nesta fase foi desenvolvida, implementada e validado as correções e melhorias para cada causa identificada na fase medir para alcançar os resultados desejados do projeto especificando a ação proposta, responsável pela ação, previsão de início e fim de implementação e status das ações.

##### 4.5.1 X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto

Para esta causa o plano de ação foi readequar a linha dos moinhos e reservar 1 moinho para a quebra da granalha fina e a parte fina da granalha média foi enviado para outro produto de outro segmento que não afeta a qualidade do produto final conforme figura 50.

Planos de ação	Itens	No seu negócio	Responsável	Área	Previsão início	Previsão fim	Andamento	Status
Verificar a disponibilidade de dedicar um moinho somente para quebra de granalha fina	X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto	Força	Bruno Santos	PCP	01/08/2016	05/08/2016	Concluído	Concluído
Implementar novo jogo de peneiras para peneiramento final da granalha fina	X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto	Força	André Amorim	Produção	08/08/2016	09/08/2016	Concluído	Concluído
Implementar a sistemática de segregar a parte fina da granalha média e destinar para o produto de outro segmento.	X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto	Força	André Amorim	Produção	08/08/2016	09/08/2016	Concluído	Concluído

Figura 50 – Plano de ação X1

#### 4.5.2 X2 - Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra

O material foi separado por faixas granulométrica antes da quebra nos moinhos conforme tabela 2, assim diminuindo o número de passagem do material nos moinhos e diminuindo a tensão no material e implementado a ação conforme figura 51.

Tamanho (mm)	Produto
1,18 – 2,29	Granalha fina
2,29 – 4,00	Granalha média
4,00 – 8,00	Granalha grossa

Tabela 2 – Diâmetro de material para quebra – Rev.01

Planos de ação	Itens	No seu negócio	Responsável	Área	Previsão início	Previsão fim	Andamento	Status
Disponibilizar Silo SAM 2 para granalha fina (1,18 - 2,29), Silo SAM3 granalha média (2,29 - 4,00) e Silo SAM4 granalha grossa (4,00 - 8,00)	X2 - Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra	Força	Oscar Reiss	Direção	01/08/2016	09/08/2016	Concluído	Concluído

Figura 51 – Plano de ação X2

#### 4.5.3 X3 - Material muito duro e material muito mole

Implementado fica técnica de produtos separados em tipos de aplicação do produto e realizado um estudo nos clientes para determinar a melhor granalha para o processo utilizado conforme figura 52.

Planos de ação	Itens	No seu negócio	Responsável	Área	Previsão início	Previsão fim	Andamento	Status
Implementar ficha técnica para os materiais de corte de rochas ornamentais	X3 - Material muito duro e material muito mole	Força	Graciliano F. Lourenço	SIG	15/08/2016	18/08/2016	Concluído	Concluído
Disponibilizar a documentação e treinar a área comercial e técnica	X3 - Material muito duro e material muito mole	Força	Graciliano F. Lourenço	SIG	18/08/2016	21/08/2016	Concluído	Concluído
Realizar levantamento dos clientes ativos e definir o melhor produto para aplicação	X3 - Material muito duro e material muito mole	Força	João C. Pilon	Vendas	21/08/2016	31/08/2016	Concluído	Concluído

Figura 52 – Plano de ação X3

#### 4.5.4 Piloto de melhoria

Foi produzido um lote experimental de 15T para testar as ações em menor escala, assim compreendendo os seus efeitos e para aprender como fazer a implementação em larga escala mais eficaz.

O lote experimental teve suas análises e aprovações internas e foram destinadas para 3 clientes chaves da IKK do Brasil para aprovação em campo.

A respostas nos clientes foram positivas e apresentou em média uma melhor performance em 12,3%, assim foi liberada para produção em massa destes materiais.

#### 4.5.5 Validação das melhorias

Nesta etapa foram validadas as melhorias através com o comparativo do processo na situação anterior e posterior do projeto nas análises de consumo e abrasividade figuras 53, 54, 55 e 56.

No caso do consumo demonstrou uma melhoria de 12,34% de 0,243 g/min para 0,213 g/min.

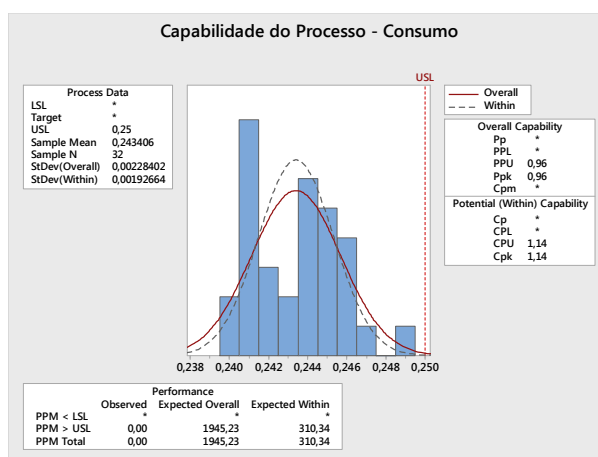


Figura 53 – Capabilidade do Processo – Consumo antes

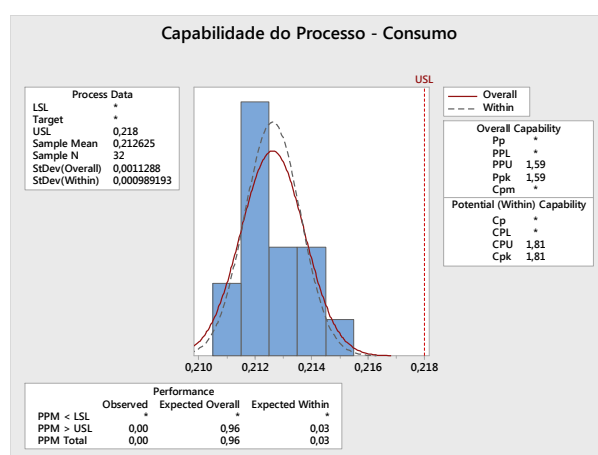


Figura 54 – Capabilidade do Processo – Consumo depois

No caso da abrasividade demonstrou uma melhoria na performance de 23,57% de 0,157 g/min para 0,194 g/min.



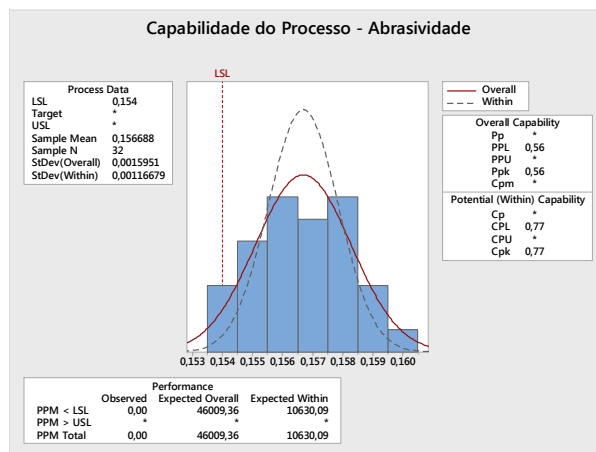


Figura 55 – Capabilidade do Processo – Abrasividade antes

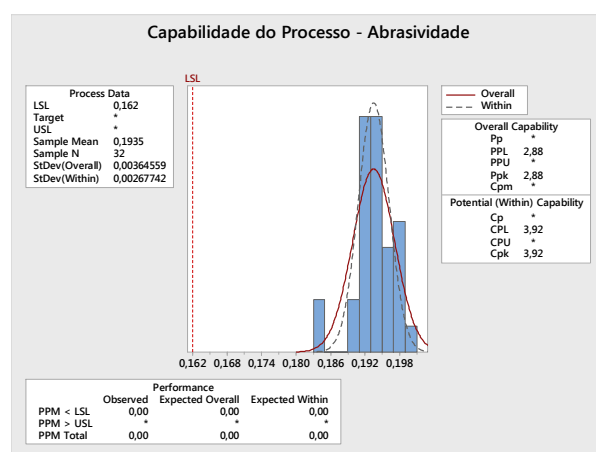


Figura 56 – Capabilidade do Processo – Abrasividade depois

#### 4.6 C – Controlar

Nesta fase foi instituída ações para consolidar as implementações realizadas na etapa I – Implementar.

##### **X1 - Fabricação de material utilizando-se de subproduto**

Revisado ficha de processo de produção DEOPE-19 – Peneiramento proibindo o uso da parte mais fina do produto médio para fabricação do produto fino para corte de rochas e revisado o DEOPE-18 – Moinhos proibindo a requebra dos materiais grossos para a fabricação do produto fino para corte de rochas. Para ambos os casos será destinado para fabricação dos materiais para área mecânica, pois para esta aplicação não tem problema.

Assim foi criada uma nova linha embaixo da linha principal para separar os materiais finos da granalha média e grossa destinar este material para área mecânica conforme figura 57.



Figura 57 – Nova linha área mecânica

Fonte: IKK do Brasil

Colocado estes itens para verificação na auditoria de processo mensal realizado em todos os turnos.

### **X2 - Utilizando materiais com diâmetros grandes para quebra**

Revisado ficha de processo de produção DEOPE-18 – Moinhos definindo novo fluxo de quebra do material conforme tabela 3.

Silo	Tamanho	Materiais
1	< 1,36	Material utilizado para fabricação de material mix (esférica e angular)
2	1,36 – 2,20	Granalha fina

3	2,20 – 4,00	Granalha média
4	4,00 – 8,00	Granalha grossa

Tabela 3: Especificação de alimentação dos moinhos de rolos

Definido somente 1 moinho para quebra de granalha fina e este foi implementado um poka-yoke somente é alimentado pelo silo 2, conforme tabela 3.

Colocado estes itens para verificação na auditoria de processo mensal realizado em todos os turnos.

### **X3 - Material muito duro e material muito mole**

Implementado TDS – Technical Data Sheet (Especificação técnica) para os produtos da área de corte de rocha de acordo com anexo B, C e D.

Implementado visita mensal a área e vendas e assistência técnica pela qualidade em Cachoeira do Itapemirim, onde o foco será treinamento sobre o produto, alinhamento manufatura e vendas, visita aos fornecedores e prospectar novos clientes.

#### 4.7 Resultado do trabalho

O trabalho conseguiu diminuir o consumo da granalha em 10% conforme figura 58.

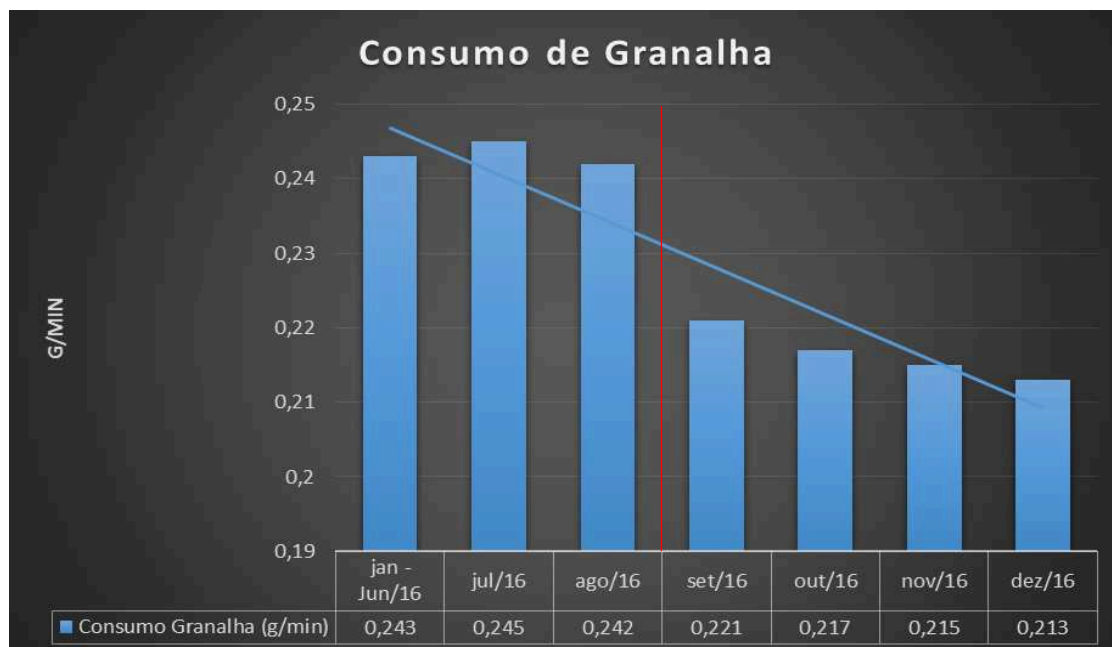


Figura 58 – Evolução de consumo da granalha

Fonte: IKK do Brasil

Aumentar a abrasividade em 5% conforme figura 59.

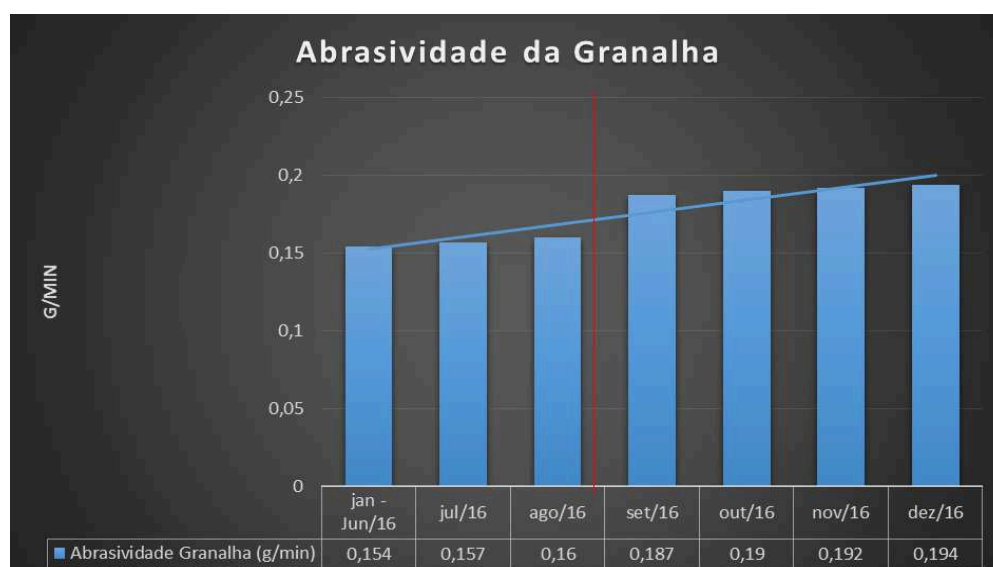


Figura 59 – Evolução da abrasividade da granalha

Fonte: IKK do Brasil

E aumentar em e% do Market share da empresa conforme figura 60.



Figura 60 – Evolução do Market share

Fonte: ABIFA

## 5 Conclusões

O presente trabalho possibilitou por meio de um projeto utilizando-se as ferramentas QFD e DMAIC o conhecimento e o entendimento das principais características dos nossos produtos e quais são as mais importantes para os clientes do mercado de corte de rochas ornamentais.

Utilizando-se da ferramenta QFD – Quality Function Deployment conseguimos levantar e entender as reais necessidades dos nossos clientes e com essa base de informação suportar o projeto 6 sigma implementado.

A metodologia DMAIC possibilitou implementar um programa de melhoria com grandes resultados para IKK do Brasil, seguindo todos os elementos da ferramenta.

Assim avaliando os resultados apresentados no item 4 com os objetivos do projeto conseguimos atingis as metas estipuladas para abrasividade e consumo da granalha, as ações definidas na fase I – implementar do DMAIC foram chaves para essa melhoria. Entretanto para o objetivo Market share obteve um aumento de 2% do mercado ficando abaixo da meta estimada, na análise realizada para empresa isso deve-se a lentidão do mercado para testar as novas versões dos produtos mas a expectativa ainda atingir essa meta até o 1º semestre de 2017.

<b>Objetivo(s) de Desempenho</b>	<b>Antigos</b>	<b>Estimados</b>	<b>Atuais</b>
Market Share	21%	25%	23%
Abrasividade da Granalha	0,154 g/min	0,162 g/min	0,194 g/min
Consumo da Granalha	0,243 g/min	0,218 g/min	0,213 g/min

Conclui-se então que o projeto atingiu os objetivos de performance do produto e estamos alcançando o objetivo de recuperação do Market Share.

## REFERÊNCIAS

COBRA, Marcos. **Administração de Marketing no Brasil**. 3.ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009. p.21.

ABNT NBR 15815:2010. **Granalha de aço fundido de alto carbono para core de rochas**.

Monografia para Obtenção do Título de especialista no curso de tecnologias de aproveitamento e valorização das rochas ornamentais. José Paulo Ferreira. Otimização da Produção de Teares a partir do controle da composição da lama abrasiva – Cachoeira de Itapemirim-ES. 1996. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo.

Project Management Institute, INC. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. 5.ed. Newtown Square, Pennsylvania. USA, 2013. P.66.

CARVALHO, Marly e PALADINI, Edson. **Gestão da Qualidade**. 2.ed. Rio de Janeiro Elsevier, 2012. P.7.

DANIELS, Aubrey C. **Performance management – improving quality productivity through positive reinforcement**. 3<sup>a</sup> ed. Tucker, G.A, 1989.

OAKLAND, John. **Gerenciamento da qualidade Total**. Tradução Adalberto Guedes Pereira. São Paulo. Nobel, 1994.

RICARDI André. **Gerenciamento da qualidade em projetos**. 1.ed. Rio de Janeiro Elsevier, 2014.

OFJUHI, Tadashi; ONO, Michiteru; AKAO, Yoki. **Método de esdobramento da Qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997.

MARTINELLI, Fernando Baracho. **Gestão da Qualidade Total**. Fundação Biblioteca Nacional, 2009.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. **Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva**. Revista Produção Online. v.11, n.1, mar. 2011.

MARSHAL, Isnard Jr. Et al. **Gestão da Qualidade**. 8.ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

WERKEMA, Cristina. **O Método DMAIC do Lean Seis Sigma**. Banas Qualidade. São Paulo

KOTLER, P e Keller, K.L. **Administração de Marketing**. São Paulo: Person Prentice Hall, 1998 p. 31.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Edição: várias. Belo Horizonte: DG Editors, 1990, 1992 e 1999.

Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Rochas Ornamentais**. Nov.2007. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/publica\\_setec\\_rochas.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/publica_setec_rochas.pdf) . Acesso em 09/01/2017

Aciaria News. **Forno Elétrico a Arco (FEA)**. Dezembro.2012. Disponível em <http://aciarianews.blogspot.com.br/2012/12/forno-eletrico-arco-fea.html>. Acesso em 09/01/2017

BOOKER, J.D e SWIFT, K.G. **Seleção de Processos de Manufatura**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.

ASM Handbook. **Volume 4 – Heat Treating**. 1991

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Metalurgia Industrial**. São Paulo. SENAI-SP Editora, 2015.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Controle de Qualidade Industrial**. São Paulo. SENAI-SP Editora, 2015.

Direct Industry. **Peneira Vibratório Circular**. Disponível em <http://www.directindustry.com/pt/prod/gough-co-engineering-ltd/product-72984-946527.html> . Acesso em 09/01/2017

B & C. **Packaging Systems**. Disponível em [http://www.bec-italy.com/Depl\\_ENG\\_SVE.pdf](http://www.bec-italy.com/Depl_ENG_SVE.pdf) . Acesso em 09/01/2017

Grupo Vitória Stone. **Unidade Fabril**. Disponível em <http://www.grupovitoriastone.com.br/empresa> . Acesso em 09/01/2017

Metisa. **Lâmina de Aço**. Disponível em <http://www.metisa.com.br/index.php?idioma=1&categoria=36&field=2> . Acesso em 09/01/2017

CÉSAR, Francisco I. Giocondo. **Ferramentas básicas da Qualidade**. São Paulo. Biblioteca24horas, 1ª ed., Março 2011.

Citisystems. **Histograma**. Disponível em <https://www.citisystems.com.br/histograma/> . Acesso em 09/01/2017

VIEIRA, Sônia. **Estatística para a qualidade**. Rio de Janeiro. Elsevier, 3ª ed., 2014.

VIEIRA, Geraldo F. **Gestão da Qualidade Total**. 2ª ed. São Paulo. Alinea, 2007.

Treasy Planejamento e Controladoria. **5W2H – Reduzindo incertezas e ganhando produtividade para os planos de ações de sua empresa**. Disponível em <https://www.treasy.com.br/blog/5w2h>. Acesso em 09/01/2017



ABIROCHAS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2016**. Disponível em [http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/4062/Informe\\_01\\_2017.pdf](http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/4062/Informe_01_2017.pdf)

## APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO

### 6-Sigma – Termo de Abertura de Projeto

**Título do Projeto:** Melhoria de Qualidade da Granalha de Aço para Corte de Rochas

**VOC:** O setor de Vendas está verificando a perda do market share nos últimos 5 anos.

**Descrição do Problema:** Devido nossa granalha apresentar um maior consumo e/ou menor poder de corte de pedra (abrasividade).

**Relação com os Objetivos Chave do Plano de Negócios:** *(Identificar o link do problema com os objetivos do plano de negócios da sua organização / departamento)*

Em nosso plano de negócios vigente estamos trabalhando para redução de custos de todos os processos, assim para melhoria do produto poderá afetar o consumo de energia, falta de material para alguns tipos e etc.

**Definição do Defeito / CTQ (mensurável):** Aumentar 5% a abrasividade de nosso material e diminuir 10% de consumo de nosso produto.

**Definição do Escopo do Projeto:** Aumentar o market share do granito de 21% para mínimo 25%.

**Principais objetivos e Resultados do Projeto (Custo/Qualidade/Tempo):** *(Como o projeto será avaliado para determinar sua contribuição efetiva aos indicadores e objetivos do seu departamento / organização? Quais são os resultados específicos (saídas do projeto) ligados aos objetivos do plano de negócio do seu departamento / organização?)*

Mensalmente recebemos os valores de Market share do setor da fundição, o resultado esperado é deter 25% do mercado e torna-se líder deste mercado.

**Fatores viabilizadores:** *(Quais recursos, pessoas, investimentos estão disponíveis para auxiliar neste projeto? Descreva as interações com outros projetos ou iniciativas superiores.)*

Disponibilizar forno de revenimento e peneiras para teste e material adicional para os testes.

Formar parceria com 4 clientes de cada família de produto.

Aumentar produção de materiais bruto de diâmetro 1,2 – 2,2mm.

<b>Objetivo(s) de Desempenho</b>	<b>Atuais</b>	<b>Estimados</b>
Market Share	21%	25%
Abrasividade da Gralha	0,154 g/min	0,162 g/min
Consumo da Gralha	0,243 g/min	0,218 g/min

Green Belt: Graciliano Francisco Lourenço

Champion do Projeto: Ricardo Humberto Faccin

Dono do Processo: Oscar Reinaldo Reiss

Data estimada de início do Projeto: Julho/2016

Data estimada para

Encerramento: Janeiro/2017

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ABERTO



### QUESTIONÁRIO ABERTO

Cliente:		Fone:	
Contato:		DEPTO:	
Função:		Data:	
Email:		Produto:	

Estamos realizando uma pesquisa para saber sua opinião sobre as granalhas de aço para corte de pedra, em relação ao seu desempenho na utilização responda as questões abaixo de acordo com sua experiência:

1) Quais as características mais importantes em granalhas de aço para suas atividades?
2) Qual sua avaliação da embalagem do nosso produto? De que forma podemos melhorar?
3) Cite pontos positivos e negativos do desempenho (consumo e abrasividade) da nossa granalha comparado com as granalhas de outras marcas que você já utilizou?

4) Com relação à granulometria, como nossa granalha poderia ser mais adequada para o seu processo?
5) Cite pontos negativos do nosso serviço de entrega que impactam suas atividades? (Disponibilidade de produto e prazo de entrega)

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FECHADO



### QUESTIONÁRIO FECHADO

Caros clientes, esta pesquisa é para nos ajudar a entender as necessidades do nosso mercado e melhorias de nossos produtos para que possamos desenvolver o melhor produto para o seu processo.

Nas perguntas em relação ao produto pontuar de 1 – 5, onde 5 é o maior grau de satisfação e 1 o menor grau de satisfação.

Cliente:		Fone:	
Contato:		Depto:	
Função:		Data:	
E-mail:		Produto:	
Granalha concorrente	do		

#### 1. Qual o grau de satisfação ao consumo da granalha?

WAbrasives

☺    ☺    ☹    ☹    ☹  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)

Concorrente

☺    ☺    ☹    ☹    ☹  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)

#### 2. Qual o grau de satisfação a velocidade de corte do material?

WAbrasives

☺    ☺    ☹    ☹    ☹  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)

Concorrente

☺    ☺    ☹    ☹    ☹  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)

3. Qual o grau de satisfação ao consumo de lâmina gerado pela granalha?

WAbrasives

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

Concorrente

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

4. Qual o grau de satisfação em relação ao acabamento da pedra após a serrada?

WAbrasives

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

Concorrente

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

5. Qual o grau de satisfação em relação ao acabamento da pedra após a serrada?

WAbrasives

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

Concorrente

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

6. Qual o grau de satisfação em relação a variação de qualidade entre os lotes fornecidos?

WAbrasives

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

Concorrente

☺      ☺      ☹      ☹      ☹  
(5)    (4)    (3)    (2)    (1)

7. Qual o grau de satisfação em relação a variedade de produtos (granulometria)?

WAbrasives


😊    😊    😐    😞    😞  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)

Concorrente

😊    😊    😐    😞    😞  
(5)   (4)   (3)   (2)   (1)



## ANEXO A – PROCEDIMENTO ANÁLISE DE CONSUMO E ABRASIVIDADE

	<b>Espécie:</b> Instrução de Trabalho <b>DIP N.º:</b> DQUAL – 11 <b>Título:</b> Análise de Consumo e Abrasividade Murga / Análise de Vida Ervin Granito	<b>Data Instituição:</b> 5/02/2015 <b>Revisão:</b> 09

A análise em equipamento Murga deve ser realizada com uma amostra sem adição de produto shot, se caso tiver, é necessário a retirada das partículas redondas (Análise Shot/ Grit DQUAL 06).

Itens para verificação de Murga test:

Check-List – Murga Test	
PARÂMETRO	DETERMINADO
Referência	Até 5 análises
Material retido na peneira	Discrepância de uma passada para a outra
Ferramenta + pesos extras	Totalizar 13 a 13,5 kg
Ruídos durante as rotações	Verificar saliências na pedra e passar material fino para alisar a pedra
Rotações Por Minuto	Murga 1 – 114 RPM / Murga 2 – 132 RPM
Trava (impede que equipamento mova para vertical ou horizontal)	Quando fechada o equipamento não deverá ser possível mover
Obs.: Quando for um novo furo, verificar se durante o ensaio está vazando material pelas laterais.	

Obs.: O Item “Referência” e “Material retido na peneira” pode sofrer alterações.

São necessárias 60 g do produto retido nas seguintes malhas de acordo com o tipo para o ensaio:

GR 240 AG0 50% Malha 25 + 50% Malha 30

Peneira de Descarte: Malha 50 (0,30 mm)

GR 111 WASG 50% Malha 18 + 50% Malha 20

Peneira de Descarte: Malha 40 (0,425 mm)

G 40 KS/ 40 Granitium 50% Malha 18 + 50% Malha 20

Peneira de Descarte: Malha 40 (0,425 mm)

G 50 50% Malha 20 + 50% Malha 25

Peneira de Descarte: Malha 50 (0,30 mm)

Procedimento para a operação da máquina:

Espalhar uniformemente 30 g da amostra dentro do canal do bloco de granito, e colocar o anel de vedação ao redor da ferramenta, o qual impossibilita a perda de granalhas quando o equipamento está em funcionamento;

Ligar o equipamento, o qual deverá estar previamente ajustado para 1350 ciclos. A ferramenta gira a uma velocidade de 114 RPM no Murga 1, e de 132 RPM no Murga 2 sendo o tempo estimado de aproximadamente 12 minutos para o Murga 1 e 10 minutos para ao Murga 2;

Terminado o estágio de 1350 ciclos, o equipamento pára automaticamente, e toda a granalha e pó de granito deve ser retirado com auxílio de um imã e um pincel;

Todo o material retirado deve ser peneirado na respectiva peneira de descarte, até que não haja mais alteração na quantidade de material retido na peneira. Ambas as frações, retida (granalha útil) e passante (pó de granalha + pó de pedra), devem ser pesadas e seus valores registrados;

A parte retida deve ser completada de 30 g de granalha nova, tendo a quantidade de reposição de granalha registrada;

Repetir os passos de "A" até "D" até que a somatória das reposições atinja 30 g ou mais;

Como o resultado é dado em g/ min, devemos calcular o tempo exato que foi necessário para o consumo de 30 g de granalha. Fazer o cálculo por interpolação entre os resultados do penúltimo e último ciclos do equipamento.

Cálculo do tempo total:

1º Passo:  $(\text{Total de gramas acumuladas} - 30 \text{ g}) \times (1350) / (\text{Última perda de granalhas})$ ;

2º Passo: Subtrair do último nº de ciclo o valor encontrado no 1º passo;

Cálculo para Consumo:

$(30 \text{ g} / \text{tempo total}) \times (\text{Murga 1} - 114 \text{ RPM ou Murga 2} - 132 \text{ RPM}) \times (\text{Fator de correção da referência comparativa})$

Cálculo para Abrasividade:

$(\text{Total de resíduo} - \text{total de gramas acumulados}) / (\text{último ciclo}) \times (\text{Murga 1} - 114 \text{ RPM ou Murga 2} - 132 \text{ RPM}) \times \text{fator de correção da referência comparativa}$ .

Obs.: Em função do desgaste de ferramenta do equipamento, e da variação da estrutura do bloco de granito, é necessário criar um fator de correção para as análises. Este fator é obtido passando-se um ciclo completo de 30 g de referência comparativa M1000, comparando-se o resultado com os valores da própria referência comparativa que foram obtidos por média de análises efetuadas. O fator gerado corrige tanto o consumo quanto a abrasividade.

A cada troca de pedra, a ferramenta deve ser retirada para retificar a parte desgastada.

Análise Evin Granito

A determinação da Vida em granalhas destinadas ao setor de corte de granito deve seguir os passos a seguir:

A) Peneirar a amostra a ser analisada nas peneiras 16 (50%) e 18 (50%) para os materiais G 40 KS/ Granitium, nas peneiras 25 (50%) e 30 (50%) para o material GR 240 AG0, nas peneiras 20 (50%) e 25 (50%) para o material G 50 K e nas peneiras 18 (50%) e 20 (50%) GR 111 WASG ;

B) Remover as esféricas utilizando um plano inclinado;

C) Regular o contador de giros do tambor para 100 ciclos;

D) Pesar 100 g de granalhas retidas nas peneiras acima, e colocá-las no equipamento;

E) Após batidas, retirar as granalhas cuidadosamente utilizando-se de um martelo de borracha. Deixar a boca do tambor virada para baixo para facilitar à saída das

granalhas, e ligar o rotor por aproximadamente três segundos, também para se garantir total saída das granalhas;

F) Peneirar as granalhas na peneira 40 no caso de G 40 KS/ Granitium e GR 111 WASG, e na peneira 50 no caso de G 50 K/ GR 240 AG0;

G) Multiplicar o % retido nesta peneira fator de correção, e o resultado é exatamente o valor de Vida do produto.

OBS.: O equipamento deve ser verificado com a referência comparativa nº 0575 a cada semana.

Elaborado por:	Aprovado por:
Estela Tamashiro	Graciliano F. Lourenço

## ANEXO B – TDS para gralha grossa

**TECHNICAL DATA SHEET**

Page 1 of 1

**PRODUCT NAME:** 40GRAN

**PRODUCT CODE:** GU 040 10GRAN

**GENERAL SHAPE:** Thick Grit

**TYPE OF USE:** Cutting Stone

**PACKAGE:** Box or Big Bag

**SIZING:**

SIEVE SIZE (mm)	ASTM SIEVE No.	CUMULATIVE (%)
1,40	14	0
1,18	16	40 Max.
1,00	18	80 Min.
0,85	20	98 Min.
0,71	25	100

**DENSITY:** 7,0 g/cm<sup>3</sup> min.

**CHEMICAL ANALYSIS:**

C – Carbon (%)	Mn – Manganese (%)	Si – Silicon (%)	S – Sulphur (%)	P – Phosphorus (%)
0,8 – 1,2	0,6 – 1,2	0,4 min.	0,05 max.	0,05 max.

**HARDNESS** 772 – 830 Hv 1,0 Kg (63 – 65 HRc)

**Approved By: G. Lourenço**      **Date: 23/11/2016**

## ANEXO C – TDS para granalha média

## TECHNICAL DATA SHEET

Page 1 of 1

**PRODUCT NAME:** 50GRAN

**PRODUCT CODE:** GU 050 10GRAN

**GENERAL SHAPE:** Medium Grit

**TYPE OF USE:** Cutting Stone

**PACKAGE:** Box or Big Bag

**SIZING:**

SIEVE SIZE (mm)	ASTM SIEVE No.	CUMULATIVE (%)
1,18	16	0
1,00	18	40 Max.
0,85	20	75 Min.
0,71	25	95 Min.
0,60	30	100

**DENSITY:** 7,0 g/cm<sup>3</sup> min.

**CHEMICAL ANALYSIS:**

C – Carbon (%)	Mn – Manganese (%)	Si – Silicon (%)	S – Sulphur (%)	P – Phosphorus (%)

0,8 – 1,2	0,6 – 1,2	0,4 min.	0,05 max.	0,05 max.
-----------	-----------	----------	-----------	-----------

**HARDNESS** 772 – 830 Hv 1,0 Kg (63 – 65 HRc)

**Approved By: G. Lourenço**      **Date: 23/11/2016**



## ANEXO D – TDS para granalha fina

**TECHNICAL DATA SHEET**

Page 1 of 1

**PRODUCT** AG0  
**NAME:**

**PRODUCT** GR 0240 10 AG0  
**CODE:**

**GENERAL** Fine Grit  
**SHAPE:**

**TYPE OF USE:** Cutting Stone

**PACKAGE** Box or Big Bag

**SIZING:**

SIEVE SIZE (mm)	ASTM SIEVE No.	CUMULATIVE (%)
1,18	16	0
1,00	18	5 Max.
0,85	20	30 Max.
0,71	25	65 Min.
0,60	30	90 Min.
0,425	40	100

**DENSITY** 7,0 g/cm<sup>3</sup> min.

**CHEMICAL ANALYSIS:**

C – Carbon (%)	Mn – Manganese	Si – Silicon (%)	S – Sulphur (%)	P – Phosphorus
-------------------	-------------------	---------------------	--------------------	-------------------

	(%)			(%)
<b>0,8 – 1,2</b>	0,6 – 1,2	0,4 min.	0,05 max.	0,05 max.

**HARDNESS** 772 – 830 Hv 1,0 Kg (63 – 65 HRc)

**Approved By: G. Lourenço      Date: 23/11/2016**