

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ DE ARIMATÉA DE MESQUITA E SILVA

DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM CHAPAS  
DE AÇO *ASTM AH-36*, SOLDADAS PELO PROCESSO *FCAW-G*:  
ESTUDOS MULTICASOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NAVAL  
DO ESTADO DE PERNAMBUCO

RECIFE  
2018

**JOSÉ DE ARIMATÉA DE MESQUITA E SILVA**

**DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM CHAPAS  
DE AÇO *ASTM AH-36*, SOLDADAS PELO PROCESSO *FCAW-G*:  
ESTUDOS MULTICASOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NAVAL  
DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Tese submetida à Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Materiais e Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Oscar Olimpio de Araujo Filho.

RECIFE  
2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

S586d Silva, José de Arimatéa de Mesquita e.  
Determinação dos custos de soldagem em chapas de aço *ASTMAH-36*,  
soldadas pelo processo *FCAW-G*: estudos multicasos na indústria da  
construção naval do estado de Pernambuco / José de Arimatéa de Mesquita  
e Silva. – Recife, 2018.

239f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Oscar Olimpio de Araujo Filho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.

Programa de Pós-graduação Engenharia Mecânica, 2018.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Mecânica. 2. Solda. 3. Solda com arame tubular. 4.  
Custos. 5. Custos de soldagem. I. Santos, Maurílio José dos (Orientador).  
II. Araújo Filho, Oscar Olimpio de (Coorientador). III. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DA TESE**

**JOSÉ DE ARIMATÉA DE MESQUITA E SILVA**

**DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM CHAPAS  
DE AÇO *ASTM AH-36*, SOLDADAS PELO PROCESSO *FCAW-G*:  
ESTUDOS MULTICASOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NAVAL  
DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MATERIAIS E FABRICAÇÃO**

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo relacionados, sob a presidência do Prof. D.Sc. Maurílio José dos Santos, considera o candidato **JOSÉ DE ARIMATÉA DE MESQUITA E SILVA** **APROVADO:**   X  , **REPROVADO** \_\_\_\_\_ em sua apresentação para a obtenção do título de Doutor.

Recife, 08 de março de 2018

---

Prof. D.Sc. Maurílio José dos Santos (Orientador)

---

Prof. D.Sc. Oscar Olimpio, de Araujo Filho (Coorientador)

---

Prof. D.Sc. Ricardo Artur Sanguinetti Ferreira (Examinador Interno)

---

Prof. D.Sc. Tiago Felipe de Abreu Santos (Examinador Interno)

---

Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte (Examinador Externo)

---

Prof. D.Sc. Ronaldo Faustino da Silva (Examinador Externo)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao final desta etapa sinto-me realizado e contente por poder compartilhar minha realização com todas as pessoas que participam da minha vida.

Agradeço primeiramente a Deus, todo poderoso, mesmo não sendo merecedor. Todavia: “A benignidade do Senhor jamais acaba, as suas misericórdias não têm fim; renovam-se cada manhã”. Sou grato a Ele por todas as bênçãos concedidas.

Agradeço a minha família, por seu amor incondicional e dedicação, sempre me apoiando, e por entenderem os momentos de ausência.

Agradeço ao Prof. D.Sc. Maurílio José dos Santos e ao Prof. D.Sc. Oscar Olímpio de Araújo Filho pelas orientações e apoio durante todo o processo da elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os Professores examinadores desta pesquisa, pelas ricas contribuições.

Agradeço aos meus colegas de curso e professores pelo apoio nesta longa jornada.

Agradeço as duas empresas que permitiram a realização do estudo de casos em seus processos de soldagem.

Agradeço a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para que esta tese fosse elaborada.

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.”

(Eclesiastes 3:1)

## RESUMO

A investigação e análise dos custos industriais é uma das principais ferramentas gerenciais. Muitos engenheiros que trabalham com o processo de soldagem são desafiados com o problema de como determinar os custos de soldagem. Este trabalho teve como objetivo investigar e desenvolver estudos qualitativos dos métodos e processos de soldagem para determinação e avaliação dos custos dos processos de soldagem de chapas *ASTM AH-36* nas espessuras de 12 mm e 18 mm, soldadas pelo processo *FCAW-G*, pesquisando em dois estaleiros localizados no Complexo Industrial de SUAPE-Pernambuco/Brasil. Foi desenvolvido um programa computacional na linguagem de programação *JAVA* para calcular os custos de soldagem com exatidão e confiabilidade, rapidez e qualidade das informações, a fim de gerar gráficos e relatórios, que auxiliem os engenheiros e gestores dos processos de soldagem nas suas tomadas de decisão dos estudos realizados. Os dados levantados foram obtidos através de acompanhamentos minuciosamente detalhados no chão de fábrica e, através de observações diretas, entrevistas com profissionais qualificados em processos de soldagem, e dos documentos dos controles internos das empresas, onde o estudo de caso foi realizado. Os estudos consideraram apenas o custo de soldagem propriamente dito, ou seja, a deposição do metal. Foi possível determinar o custo padrão corrente que fosse exequível, como referencial e meta a ser perseguida. Fazer um acompanhamento nos processos investigados, nas condições reais de ambiente e métodos praticados em ambos os estaleiros, para verificar o custo real, a fim de comparar com o custo padrão corrente estabelecido e verificar as suas respectivas variações. Os resultados apresentados nos relatórios gerados pelo programa computacional *JAVA* demonstram que os custos de soldagem, ao invés de serem apenas estimados, devem ser medidos e controlados nos seus processos produtivos no chão de fábrica, onde eles ocorrem, a fim de se calcular com exatidão os seus reais valores, e tomar decisões para o processo de melhoria contínua e aumento da produtividade. Os itens de controle e as variáveis dos processos de soldagem investigados foram medidas de uma simples, rápida, econômica, e fácil reprodutibilidade, podendo facilmente ser adaptadas às demais indústrias do segmento metalomecânico, na determinação, mensuração, planejamento e gerenciamento.

Palavras-chave: Solda. Solda com arame tubular. Custos. Custos de soldagem.

## **ABSTRACT**

Research and analysis of industrial costs is one of the main managerial tools. Many engineers working with the welding process are challenged with the problem of how to determine welding costs. This work aimed to investigate and develop qualitative studies of welding methods and processes to determine and evaluate the costs of ASTM AH-36 sheet welding processes in the 12 mm and 18 mm thickness welded by the FCAW-G process, two shipyards located in the Industrial Complex of SUAPE-Pernambuco / Brazil. A computer program has been developed in the JAVA programming language to calculate welding costs with accuracy and reliability, speed and quality of information, to generate graphs and reports, which help the welders process engineers and managers in their decision making of the studies carried out. The data collected were obtained through detailed follow - ups on the factory floor and, through direct observations, interviews with qualified professionals in welding processes, and the internal control documents of the companies, where the case study was carried out. The studies considered only the cost of welding itself, that is, the deposition of the metal. It was possible to determine the current standard cost that is feasible, as a reference and goal to be pursued. Follow-up on the investigated processes, the actual environmental conditions and methods practiced at both sites, to verify the actual cost in order to compare with the current standard cost established and verify their respective variations. The results presented in the reports generated by the JAVA software show that the costs of welding, rather than just being estimated, should be measured and controlled in their production processes on the factory floor, where they occur, in order to calculate accurately the their real values, and make decisions for the process of continuous improvement and increased productivity. The control items and variables of the investigated welding processes were measured in a simple, fast, economical and easy reproducibility, being able to easily be adapted to the other industries of the metalomechanical segment, in the determination, measurement, planning and management.

**Keywords:** Welding. Welding with tubular wire. Costs. Costs of welding.

## LISTA DE FIGURAS

Figura.1 - Níveis de tecnologia na Industria Naval .....	23
Figura 2 - Esquema da soldagem com <i>FCAW-G</i> .....	29
Figura 3 - Esquema do equipamento semiautomático do <i>FCAW-G</i> .....	30
Figura 4 - Exemplo de junta a ser soldada .....	39
Figura 5 - Exemplos de chanfros em juntas soldadas.....	43
Figura 6 - Exemplos de soldagem em juntas em ângulo .....	43
Figura 7 - Variação do custo de soldagem para diferentes cordões .....	44
Figura 8 - Exemplo de chanfros estreitos (A) usinado; (B) soldado; (C) ponteados. ....	44
Figura 9 - Exemplos de soldagens corretas e incorretas.....	45
Figura 10 - Exemplo da escolha do metal de adição .....	46
Figura 11 - Etapas para análise das variações entre o custo real e o custo-padrão .....	63
Figura 12 - Posições 1G/ 2G/ 3G/ 4G de placas de testes para soldas em chanfro .....	80
Figura 13 - Posições 1F/ 2F/ 3F/ 4F de placas de testes para soldas em chanfro.....	80
Figura 14 - Influência da distância bico de contato peça na corrente de soldagem. ....	84
Figura 15 - Desenho esquemático do ângulo de inclinação da tocha.....	85
Figura 16 - Tela inicial do programa <i>JAVA</i> .....	86
Figura 17 - Tela dos dados de ensaio para valores padrão. ....	87
Figura 18 - Tela dos dados do processo para os valores reais. ....	88
Figura 19 - Tela de escolha de relatórios.....	89
Figura 20 - Tela Relatórios de custo.....	90
Figura 21 - Tela relatório geral. ....	91
Figura 22 - Tela dados de entrada. ....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais aços utilizados na construção naval e suas propriedades mecânicas..	27
Tabela 2 - Fatores de correção para o método da planilha.....	35
Tabela 3 - Eficiência dos equipamentos de soldagem.....	37
Tabela 4 - Base da planilha de cálculo.....	38
Tabela 5 - Metal depositado em cordão de solda em ângulo reto, convexo e côncavo.....	39
Tabela 6 - Metal depositado em chanfros em X; X com face de raiz e em duplo U.....	40
Tabela 7 - Taxa de deposição (kg/h) a cadência ideal (100% de arco aberto) Eletrodo revestido CCPR.....	40
Tabela 8 - Taxa de deposição com eletrodo nu· CCPR (kg/h).....	40
Tabela 9 - Taxa de deposição com eletrodo tubular; CCPR (kg/h).....	41
Tabela 10 - Definição de símbolos usados nas equações de custo.....	47
Tabela 11 - Peso de metal de solda de aço para juntas de filete.....	50
Tabela 12 - Variações da matéria-prima.....	61
Tabela 13 - Padrões de quantidade e preço.....	64
Tabela 14 - Padrões de quantidade e valor.....	65
Tabela 15 - Padrão de custos indiretos variáveis.....	66
Tabela 16 - Comparativo dos principais pontos fortes e fracos do custo padrão.....	67
Tabela 17 - Propriedades mecânicas e a composição química do metal de base, segundo ASTM A131 (2010).....	78
Tabela 18 - Composição química do metal de base, segundo <i>ASTM A131</i> (2010).....	78
Tabela 19 - Propriedades mecânicas do metal de adição, ( <i>AWS A5.20-07</i> (FBTS, 2013))...	79
Tabela 20 - Composição química do metal de adição. <i>AWS/ASME SFA 5. 20-07</i> (2010)....	79
Tabela 21 - Parâmetros de soldagem para arames rútilicos.....	
<b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela 22 - Símbolos e definições das tabelas do <i>JAVA</i> .....	93
Tabela 23 - Dados coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo padrão no estaleiro “A”.....	98
Tabela 24 - Dados coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.....	99
Tabela 25 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo padrão, no estaleiro “A”.....	114

Tabela 26 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.....	115
Tabela 27 - Dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A”.....	130
Tabela 28 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.....	131
Tabela 29 - Dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A”.....	144
Tabela 30 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.....	145
Tabela 31 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “A”.....	158
Tabela 32 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1F e 2F no estaleiro “A”.....	159
Tabela 33 - Dados que foram coletados e imputados para a determinação no programa computacional em <i>JAVA</i> , do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 1G.....	161
Tabela 34 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 1G.....	162
Tabela 35 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 2G.....	177
Tabela 36 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 2G.....	178
Tabela 37 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 2F.....	193
Tabela 38 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 2F.....	194
Tabela 39 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 3F.....	207
Tabela 40 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em <i>JAVA</i> , para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 3F.....	208
Tabela 41 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “B”.....	221

Tabela 42 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1F e 2F no estaleiro “B”.....	222
Tabela 43 - Resultados dos experimentos realizados na posição 1G nos estaleiros “A” e “B” .....	223
Tabela 44 - Resultados dos experimentos realizados na posição 2G nos estaleiros “A” e “B” .....	224
Tabela 45 - Resultados dos experimentos realizados na posição 2F nos estaleiros “A” e “B” .....	225
Tabela 46 - Resultados dos experimentos realizados na posição 3F nos estaleiros “A” e “B” .....	226

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Apuração dos custos de soldagem (método tradicional).....	36
Fórmula 2 - Custo de energia elétrica.....	37
Fórmula 3 - Valor do custo de mão de obra .....	37
Fórmula 4 - Custo de manutenção do equipamento .....	38
Fórmula 5 - Custos de depreciação do equipamento.....	38
Fórmula 6 - Eletrodo revestido e arco submerso.....	45
Fórmula 7 - Custo-Padrão de materiais.....	63
Fórmula 8 - Consumo da Vasão do gás ( $Cvg$ ).....	94
Fórmula 9 - Consumo de energia elétrica ( $C_{energ}$ ) .....	94
Fórmula 10 - Consumo de eletrodo ( $C_e$ ) .....	94
Fórmula 11 - Custo do eletrodo ( $CC_e$ ) .....	94

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASME	American society of mechanical engineers
ASTM	American society for testing and materials
AWS	<i>American welding society</i>
ESAB	<i>Eletrikiska Svetsning Aktie Bolaget</i>
EPS	Especificações de procedimentos de soldagem
FCAW-G	<i>Flux cored arc welding</i>
GMAW	<i>Gas metal arc welding</i>
JSE	<i>Java standart edition</i>
JME	<i>Java micro edition</i>
JEE	<i>Java enterprise edition</i>
JSP	<i>Java Server Pages</i>
JSE	<i>Java standart edition</i>
JPA	<i>Java Persistence API</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>
MAG	<i>Metal Inert Gas</i>
MIG	<i>Metal Active Gas</i>
TIG	<i>Gas Tungsten Welding</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
WORA	<i>Write once run anywhere</i>
WTC	<i>Welding timer control</i>
TIG	<i>Gas tungsten welding</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA .....	17
1.2	PROBLEMA .....	20
1.3	JUSTIFICATIVA .....	20
1.4	OBJETIVOS.....	21
1.5	LIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>23</b>
2.1	TECNOLOGIA BRASILEIRA NA CONSTRUÇÃO NAVAL .....	23
2.2	PRINCIPAIS PROCESSOS DE SOLDAGEM NA CONSTRUÇÃO NAVAL ..	24
2.3	TIPOS DE AÇÕS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO NAVAL .....	25
2.4	A SOLDAGEM NA INDÚSTRIA NAVAL .....	27
2.5	PROCESSO DE SOLDAGEM FLUX CORED ARC WELDING GAS .....	28
2.6	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DE SOLDAGEM .....	32
2.7	CUSTOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	33
2.7.1	<b>Método tradicional de apuração dos custos de soldagem</b> .....	36
2.7.2	<b>Cálculos para aproximação dos custos estimados de soldagem</b> .....	46
2.8	CUSTO PADRÃO .....	53
2.9	JAVA.....	67
2.9.1	<b>Características da linguagem JAVA</b> .....	68
2.9.2	<b>Plataformas JAVA</b> .....	69
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>71</b>
3.1	TIPO E NATUREZA DE PESQUISA.....	71
3.2	VARIÁVEIS DE INVESTIGAÇÃO DA PESQUISA .....	72
3.3	METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA VARIÁVEIS DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM.....	72
3.3.1	<b>Método de medição</b> .....	73
3.4	INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS .....	75
3.5	CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE ESTUDO .....	75
3.6	REPRODUTIBILIDADE.....	76
3.7	ORDENAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS .....	76
3.8	TIPO DE ANÁLISE.....	76
3.9	MATERIAIS .....	78
3.9.1	<b>Metal de Base</b> .....	78
3.9.2	<b>Consumíveis de soldagem</b> .....	78
3.9.3	<b>Reforço para a junta soldada</b> .....	79
3.9.4	<b>Equipamentos, processos e parâmetros de soldagens.</b> .....	79
3.9.5	<b>Procedimento de soldagem e parâmetros de soldagem</b> .....	79
3.10	<b>Realização dos experimentos no estaleiro “A”</b> .....	81
3.11	<b>Realização dos experimentos no estaleiro “B”</b> .....	82
3.12	<b>Controle dos parâmetros de soldagem</b> .....	83
3.13	<b>Tutorial do programa para cálculo do custo de soldagem elaborado em JAVA</b> .....	86
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS</b> .....	<b>95</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS no estaleiro “A”</b> .....	<b>97</b>
5.1	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 1G, COM AÇÕ ASTMH A36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A”.....	98

5.2	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2G, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A” .....	114
5.3	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A” .....	130
5.4	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 3F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A” .....	144
5.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “A” NAS POSIÇÕES 2F e 3F.....	159
<b>6</b>	<b>RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS NO ESTALEIRO “B” .....</b>	<b>160</b>
6.1	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM em FCAW-G, NA POSIÇÃO 1G, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B” .....	161
6.2	RRESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DESOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2G, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B” .....	177
6.3	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B” .....	193
6.4	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 3F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B” .....	207
6.5	ANÁSE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS ESPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “B” NAS POSIÇÕES 1G e 2G.....	221
6.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “B” NAS POSIÇÕES 2F e 3F.....	222
6.7	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 1G.....	223
6.8	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 2G.....	224
6.9	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 2F.....	225
6.10	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 3F.....	226
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>227</b>
<b>8</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>229</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>231</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>234</b>
	<b>ANEXO A – EXEMPLO DE UMA EXPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM. NORMA: ASME IX – QW482 .....</b>	<b>234</b>
	<b>ANEXO B – EXEMPLO DE UM REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM: NORMA ASME SEÇÃO IX – QW 483 .....</b>	<b>235</b>
	<b>ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “A” .....</b>	<b>236</b>

<b>ANEXO C1 – ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “A” .....</b>	<b>237</b>
<b>ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “B” .....</b>	<b>238</b>
<b>ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “B” .....</b>	<b>239</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Para serem competitivas no atual cenário mundial as organizações devem identificar, mensurar e detalhar as variáveis de seus processos produtivos. Para isso elas precisam investir em tecnologia de sistemas, planilhas e ferramentas computacionais que as auxiliem a apurar e a computar com precisão e segurança os custos dos seus processos de produção. A finalidade de saber com precisão os custos de cada processo produtivo é a de lhes assegurar a confiança na formação de seus custos de fabricação e/ou do produto, identificando, mensurando e determinando, os custos diretos e o custo padrão de cada processo e produto, para que através de suas análises seja possível planejar, gerenciar e, elaborar orçamentos para livre concorrência.

Para as empresas da indústria naval que buscam a competitividade, os sistemas, as planilhas eletrônicas e as ferramentas que computam detalhadamente, com precisão os seus custos de produção, são mais que cruciais. É imprescindível saber como determinar os custos de seus processos de soldagem. Nelas há processos de fabricação onde estão presentes uma variedade de métodos e processos de soldagem que participam com uma boa fatia na composição do custo total de fabricação dos produtos semiacabados, e conseqüentemente, do produto final. Ou seja, o navio em sua completude.

O renascimento das indústrias naval no Brasil contribuiu de forma relevante para o crescimento da indústria metalmeccânica, e da economia do país como um todo. Com esse crescimento pré-determinado, é necessário o aumento da competitividade desta indústria dentro de um cenário em um mundo globalizado e cada vez mais competitivo. Conhecer minuciosamente, e de forma confiável, os custos dos processos de soldagem e suas vantagens econômicas, deixará a indústria naval, e as demais indústrias do segmento metalmeccânico do Estado de Pernambuco, e conseqüentemente do Brasil, com informações que favoreçam seus gestores a planejar ações com o objetivo de fazer com que os seus processos de soldagem sejam mais produtivos, contribuindo assim para o aumento da competitividade no cenário mundial.

A forma de determinar o custo padrão corrente e o custo real, apresentada neste trabalho, foi realizada para calcular os custos de soldagem, com o processo *FCAW-G*, em metais tipo *ASTM AH-36*, na indústria naval em Pernambuco. Todavia, poderá ser facilmente

adaptada aos demais processos de soldagem, assim como em toda cadeia da indústria metalmeccânica, pois esta forma foi utilizada com o propósito de auxiliar na identificação, mensuração e determinação das variáveis do processo *FCAW-G*, a fim de retratar, os custos dos processos de soldagem, o mais próximo possível, das condições reais de gestão, itens de controle e variáveis de processos, fornecendo aos gestores uma ferramenta capaz de auxiliar no planejamento, no gerenciamento, no orçamento, e na tomada de decisão dos custos na indústria naval.

As empresas que não apuram e nem conhecem as variáveis de custos de seus processos de fabricação, jamais conseguirão estabelecer os seus custos diretos e muito menos o custo padrão dos produtos que são fabricados em seus processos produtivos. Sendo assim, não conseguirão analisar, planejar e gerenciar os seus custos.

Gerenciar os custos é uma prática que ajuda as empresas a serem mais competitivas. Esta afirmação é praticamente um consenso entre os gerentes de hoje, no universo empresarial. É dentro desse cenário que a análise, o gerenciamento e o planejamento dos custos de fabricação dos processos de soldagem passam a ser um grande aliado da estratégia da indústria naval e dos vários outros segmentos da indústria metalmeccânica.

É inegável que os gestores devem ter como tarefa principal o gerenciamento de custos de seus processos e produtos. Nesse processo, a importância da informação é fundamental no apoio às estratégias e processos de tomada de decisão, bem como no controle das operações empresariais. Um bom sistema ou planilhas computacionais, como ferramenta de cálculo dos custos diretos e conseqüentemente dos custos padrão dos processos de soldagem na indústria naval, e dos vários outros segmentos da indústria metalmeccânica, é capaz de auxiliar os gerentes a cumprir o seu papel estratégico dentro da organização, fazendo com que ela consiga identificar, determinar, mensurar, controlar, planejar, gerenciar e oferecer orçamentos, com preços justos aos seus clientes. E, garantindo à empresa uma maior competitividade, através da oferta de mais baixo preço de venda, hoje definido pelo próprio mercado, sem comprometer o resultado de seu lucro. Um bom sistema também pode ajudar a detectar o aumento da produtividade, sem a perda dos lucros necessários para o crescimento contínuo das atividades da empresa, assegurando e melhorando continuamente a posição competitiva da organização no cenário da globalização da economia mundial. A identificação, determinação, mensuração, análise, controle, planejamento e gerenciamento dos custos de soldagem precisam ser realizados de forma confiável, visto que é crucial não apenas para a elaboração de orçamentos, mas para comparação entre processos, bem como para a

determinação de equipamentos e suas depreciações, da quantidade de consumíveis e da mão de obra necessária de um projeto.

Segundo Drucker (2002), “Se você não pode medir, não pode gerenciar. Não se pode gerenciar o que não se pode controlar; não se pode controlar o que não pode medir e, não se pode medir o que não se pode definir”. Com base nestas afirmações este trabalho busca defender e afirmar que para se conseguir o aumento da produtividade na indústria naval e dos vários outros segmentos da indústria metalmeccânica, no Estado de Pernambuco, assim como em todo Brasil e no mundo é crucial o gerenciamento dos custos dos processos de soldagem de união de materiais que são empregados em larga escala em seus processos de fabricação. Os custos devem ser medidos e determinados sem deixar de atender às exigências técnicas de construção, a qualidade e a produtividade. A definição promove os conhecimentos e a medição aumenta o conhecimento e revelam os pontos fortes e fracos. O gerenciamento promove a visão, decisões acertadas e o apoio organizacional.

Por muitos anos após a revolução industrial, os preços de produtos e serviços eram determinados por uma equação muito simples:  $\text{preço} = \text{custo} + \text{despesas} + \text{lucro}$ . Desta forma, não havia uma preocupação com o gerenciamento e redução dos custos e despesas já que eles junto com a sua ineficiência operacional e de fabricação eram repassados integralmente para os preços finais, ou seja, para o consumidor final. A globalização fez com que o preço do produto final passasse a ser definido pelo mercado, ou seja, de fora para dentro, ao invés de dentro para fora, como no passado. Sendo assim, a equação teve que ser rearranjada, ou seja:  $\text{lucro} = \text{preço} - \text{custo} - \text{despesas}$ . Assim sendo, conhecer a estrutura de custos e despesas passou a ser crucial para a competitividade e sucesso das empresas, seja em qual for o segmento. Menores custos implicam em maior competitividade e maiores lucros, e conseqüentemente na sobrevivência. Por exemplo, a cada etapa de fabricação os processos de soldagem devem ter seus custos identificados, mensurados, determinados, controlados, gerenciados e contidos, dentro de plano de melhoria contínua visando uma gradual redução dos custos dos processos e dos produtos.

A utilização de sistemas e/ou planilhas eletrônicas computacionais específicas permitem o apontamento dos custos de soldagem em seus respectivos processos de fabricação, auxiliando assim o seu gerenciamento e a tomada de decisões gerenciais. Sendo assim, o profissional que trabalha em melhoria contínua dos processos de soldagem, deve também voltar os seus estudos para a análise dos custos, como fator crucial nas tomadas de decisões como elaboração de orçamentos para licitações, escolha ou substituição de um

processo, e também na análise da necessidade de automação. É dentro deste cenário que este trabalho investiga uma preocupação constante das empresas do setor da indústria naval, que é a determinação dos custos de soldagem.

## 1.2 PROBLEMA

Uma das maiores dificuldades das empresas da indústria metalmeccânica é a de identificar e mensurar os custos dos seus processos de soldagens, de forma que eles possam traduzir a realidade dos seus processos de produção, a fim de analisar, planejar, gerenciar e, elaborar orçamentos mais competitivos para a livre concorrência. A análise dos custos nos processos de soldagem pode ser uma ferramenta para que as empresas possam manter a competitividade no mercado global. Por meio de cálculos de um software e/ou de planilhas eletrônicas específicas, é possível fazer essa tarefa de forma simples e auxiliar à gerência na tomada de decisão.

A partir deste problema surge a pergunta de pesquisa: **Como determinar os custos de soldagem, com FCA W-G, em metais ASTM AH-36, na indústria naval?**

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A forte retomada dos investimentos da indústria naval brasileira, a partir de 2000 trouxe impactos importantes sobre a perspectiva e potencialidade na atividade de soldagem.

De acordo com Campos Neto e Pompermayer (2000 e 2013), empreendimentos como o pré-sal e o ressurgimento da indústria naval no Brasil criam um novo cenário que potencializa o setor metalmeccânico. Este setor contribui para uma forte geração de emprego e renda e para o desenvolvimento de uma rede de fornecedores nacionais de insumos. Ele possibilita também oportunidades para a expansão de processos de novas tecnologias em produtos e processos. O desenvolvimento e expansão do segmento têm efeitos significativos sobre a formação bruta de capital, e em especial, o setor de solda, pois a soldagem é o principal processo de fabricação neste cenário. A soldagem tem impacto direto no sucesso dos investimentos da Petrobras, que movimenta e alavanca toda cadeia do setor metalmeccânico, impactando diretamente nos custos e prazos de seus empreendimentos, pois, todos os equipamentos, navios, plataformas, dutos ou tubulações são soldados. A qualidade do empreendimento (equipamentos e instalações) depende da qualidade das juntas soldadas.

Considerado um cenário de estimativa de investimentos do Prorefam nos Planos de 1999 a 2016, observa-se a quantidade de embarcações planejadas para a Petrobras, de 90 (noventa) embarcações, com valores estimados de 6.750 milhões e os contratos de prestação de serviços de apoio às sondas e plataformas que operam para a Petrobras estão gerando encomendas aos estaleiros brasileiros na construção de 223 novas embarcações para o período de 2000 a 2018, impactando e potencializando diretamente o setor de soldagem.

Os custos dos processos de soldagem representam uma importante fatia do custo das operações de fabricação da indústria naval, assim como em vários outros setores da indústria metalmeccânica. Considerando esta nova realidade de crescimento da indústria metalmeccânica brasileira, é possível observar um grande desafio e oportunidades de se buscar o aumento da produtividade no setor de soldagem. O desenvolvimento de um sistema computacional para se calcular com qualidade, confiabilidade, rapidez e flexibilidade, os custos dos processos de soldagem mais usuais, é crucial para a contribuição do aumento da produtividade da indústria metalmeccânica neste novo cenário.

#### 1.4 OBJETIVOS

##### Objetivo Geral

Determinar os custos de soldagem em chapas de aço *ASTM AH-36*, soldadas pelo processo *FCAW-G* na indústria da construção naval do Estado de Pernambuco.

##### Objetivos específicos

- ✓ Estudar de forma qualitativa os métodos e processos de soldagem para a determinação e avaliação dos custos dos processos de soldagem de chapas *ASTM AH-36* nas espessuras de 12 mm e 18 mm, soldadas pelo processo *FCAW-G*;
- ✓ Desenvolver um software em linguagem de programação *JAVA* que contribua para implantar uma nova tecnologia no levantamento dos dados para determinar os custos de soldagem dos estudos realizados.

## 1.5 LIMITAÇÃO DO ESTUDO

A primeira limitação do estudo está no fato de que os experimentos e a aplicação da metodologia foram realizados apenas dentro da indústria naval, no Estado de Pernambuco. Todavia, observa-se, no capítulo 3, que a metodologia aplicada poderá ser fácil e integralmente aplicada, reproduzida em outros lugares e em outros setores do segmento da indústria metalmeccânica.

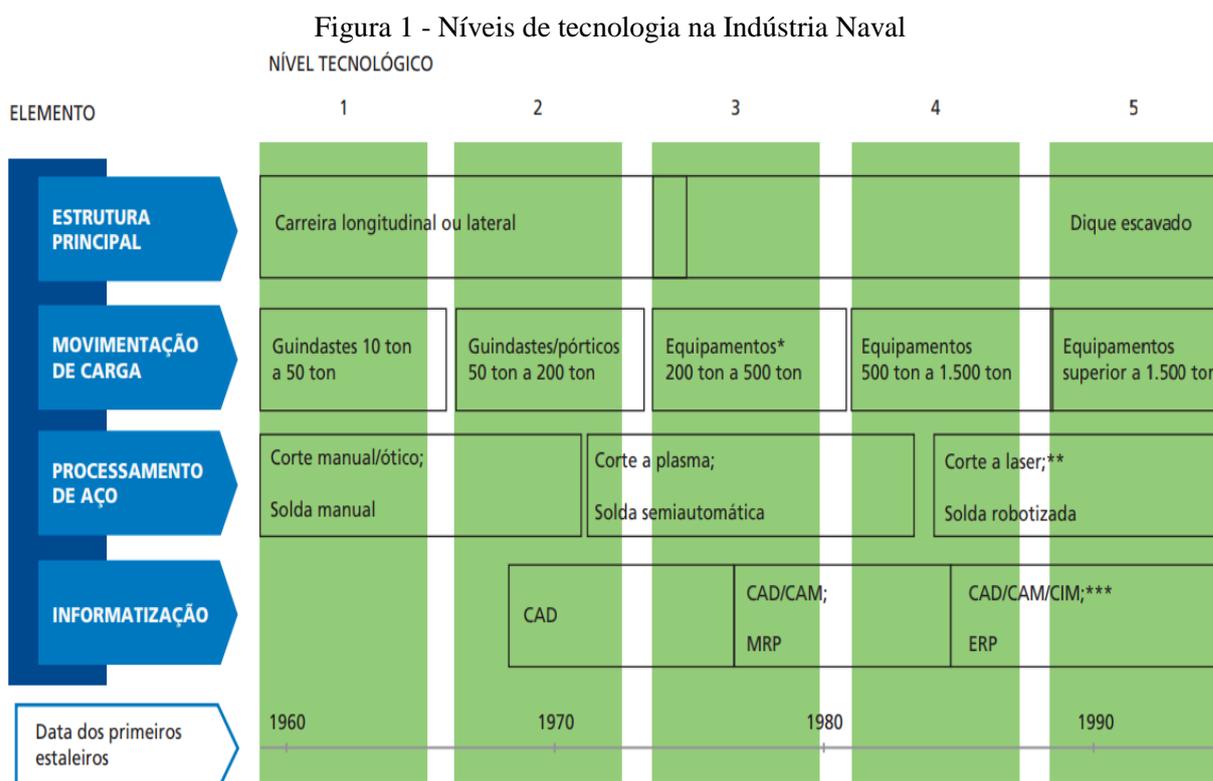
A segunda limitação está no fato de que os experimentos e a aplicação da metodologia foram realizados apenas no processo *FCAW-G*. Porém, poderá ser fácil e integralmente aplicada e reproduzida para quaisquer outros tipos de processos de soldagem.

A terceira limitação está no fato de que os experimentos e a metodologia foram aplicados apenas, em metais ferrosos *ASTM AH-36*. Contudo, poderá ser fácil e integralmente aplicada e reproduzida para quaisquer outros tipos de aços e em não ferrosos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 TECNOLOGIA BRASILEIRA NA CONSTRUÇÃO NAVAL

A construção naval possui de um alto grau de automação em seus ativos e sistemas de informação. Essa tecnologia de ponta faz sentido em países onde o custo de mão de obra é elevado. No Brasil, onde o custo da mão de obra varia entre US\$ 11 e US\$ 19/HH, inferior aos dos países europeus e alguns países asiáticos. Todavia, esse custo de mão de obra é superior ao custo da mão de obra na China. Nesta análise, os estaleiros no Brasil tendem a investir em tecnologias de um nível intermediário, ou seja, o investimento do nível 3 apresentado na Figura 1, que caracteriza o nível de tecnologia da indústria naval (DAS DORES, LAGE e PROCESSI, 2012).



Fonte: A retomada da indústria naval brasileira (DAS DORES, LAGE e PROCESSI, 2012).

\* São incluídos guindastes, pórticos, cábreas e sistema conjunto de trilhos + guindastes.

\*\* Apesar de não aplicável a chapas de maior espessura, considerada o estado das artes da tecnologia de corte.

\*\*\* CAD – Computer aided design; CAM – Computer aided manufacturing; CIM – Computer integrated manufacturing.

Nos níveis de tecnologia 1 e 2 demonstrado na Figura 1 a informatização é baixa, já no nível 3 há sistemas de informação que atendem muito bem o gerenciamento dos recursos, processos, projetos, gestão e finanças. Nos níveis 4 e 5. Do nível 5 há uma maior integração

dos sistemas. “Os estaleiros Atlântico Sul, em Pernambuco, e Rio Grande, no Rio Grande do Sul, optaram por uma estratégia tecnológica equivalente ao nível 4, por disporem de dique, alta capacidade de içamento, etapas de processamento automatizadas e presença de sistemas de informação modernos”. Foi observado que ambos os estaleiros estudados nesta pesquisa, estão no nível de tecnologia naval do nível 3 (DAS DORES, LAGE e PROCESSI, 2012).

Possuir um alto ou médio nível de tecnologia naval não é o suficiente, precisa-se também de competência em gestão e montagem, que é um fator relevante para a redução de custo e consequentemente, o crescimento da produtividade, que são alcançados através de um excelente: planejamento, programação e controle da produção, engenharia de processos e na utilização de sistemas de informação e de coleta de dados. A inovação de processos deve ser utilizada como uma importante fonte de competitividade deste setor. Um processo de construção naval, com um alto nível de padronização, através da tecnologia de grupos de peças com um alto grau de similaridade entre os produtos intermediários, contribui para o aumento da eficiência e aumento da escala de produção. “Para obter a competência em gestão e montagem, os estaleiros nacionais têm utilizado duas estratégias: contratação de profissionais de outras empresas brasileiras, com experiência na atividade de construção naval e associação com parceiros tecnológicos internacionais” (DAS DORES, LAGE e PROCESSI, 2012).

A disponibilidade de indústrias e serviços de navipeças representa de 30% a 50% dos custos totais de construção de navios. Porém, a cadeia fornecedora de navipeças no Brasil ainda está no estágio embrionário, e a produção de alguns equipamentos não é viável por falta de demanda que represente escala para a produção a custos competitivos. Para solucionar este problema é necessário que haja um programa de governo que incentive a indústria de construção naval brasileira, estimulando assim indústrias e serviços de navipeça, de forma que passe a possuir economia de escala (DAS DORES, LAGE e PROCESSI, 2012).

## 2.2 PRINCIPAIS PROCESSOS DE SOLDAGEM NA CONSTRUÇÃO NAVAL

Na fabricação de um navio os blocos estruturais pesam dezenas de toneladas, apresentando complexas formas geométricas. A solda plana existe com muita frequência, porém, há soldas em todas as posições dos procedimentos de soldagem, exigindo que o soldador desenvolva habilidades diferentes para soldar juntas de soldas na maioria das posições (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

Em função da complexidade das estruturas do navio, na construção naval, normalmente são utilizadas uma grande variedade de tipos de processos de soldagem, desde processos manuais, assim como processos automáticos e robotizados (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

No estágio da submontagem, onde são construídos os sub-blocos, normalmente são utilizados os processos de soldagem manual, por gravidade, por arco submerso, entre outros. No estágio da montagem, onde é realizada a união dos sub-blocos, para compor os grandes blocos, a solda automática por arco submerso é muito utilizada. “Para a soldagem dos membros do cavernamento, é utilizada a solda manual ou por gravidade, com eletrodo especial para solda horizontal de canto”. Muitos outros processos de soldagem são utilizados na submontagem e na montagem, conforme o tipo de junta e a posição de montagem, tais como os processos: *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*; *Gas-Metal Arc Welding (GMAW)*; (*Flux Cored Arc Welding Gas (FCAW)*); *Gas-Tungsten Arc Welding (GTAW)*; dentre outros. No estágio de edificação dos grandes blocos são montados no dique, com movimentação através de guindastes. Assim como nos estágios anteriores, utilizam-se praticamente os mesmos tipos de processo de soldagem. Além do convencional processo manual, podem utilizar também: Soldagem unilateral automática pelo processo *MAMMOTH MELT*; Soldagem múltipla de filetes horizontais pelo processo de arco submerso, utilizando mais de um cabeçote e eletrodos; Soldagem pelo processo eletro-escória; dentre outros (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982). Segundo Pickering (1983), por ser um processo de solda automatizado, e apresentar uma alta taxa de deposição, tornado o processo mais rápido e econômico, um dos processos de soldagem mais utilizados é a soldagem por arco submerso (AS).

### 2.3 TIPOS DE AÇÓS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO NAVAL

Os aços utilizados na construção naval são inspecionados tecnicamente por sociedades classificadoras que elaboram seus procedimentos de classificação. As entidades classificadoras, internacionais são: *Lloyd's Register of Shipping (LR)* da Inglaterra, *American Bureau of Shipping (AB)*, dos USA. *Bureau Veritas (BV)*, da França. *Det Norske Veritas (NV)*, da Noruega. *Germanischer Lloyd (GL)*, da Alemanha. *Register of Shipping of USSR (URSS)*, da Rússia e *Nippon Kaiji Kyokai (NK)*, do Japão. Cada uma dessas entidades possuem as suas próprias especificações para as propriedades de materiais, e para os seus processos de fabricação.

Com relação aos tipos de aço utilizados, essas entidades classificadoras apresentam uma pequena diferença, todavia permanecem com os mesmos conceitos básicos. Os aços são classificados em graus que variam de A até o E. Os graus C, D e E são de alta tenacidade, e as especificações para as composições químicas e processos de fabricação são mais severas. (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

Segundo a *Standard specification for structural steel for ship (ASTM)*, 2008, os aços empregados na construção de navios e embarcações são divididos de acordo com os valores de resistência mecânica em dois grupos: aços de resistência moderada ou normal e os aços de alta resistência. O primeiro grupo subdivide-se em aços de classe A, B, D e E, segundo valores da tenacidade. O segundo grupo, no entanto, apresenta as classes AH, DH, EH e FH de acordo com os valores de tenacidade, e seguido dos dígitos 32, 36 e 40 conforme valores de limite de escoamento, aproximadamente em décimos de MPa. A Tabela 1 apresenta a classificação dos aços laminados para a construção naval.

As aplicações das chapas de aço variam conforme o grau de importância. Para cada parte estrutural do casco são utilizados vários graus de chapas de aço. Nas partes no navio onde as tensões são elevadas, utiliza-se chapas de graus C, D ou E com alta tenacidade (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

Tabela 1 - Principais Aços utilizados na construção naval e suas propriedades mecânicas.

Especificação do Grau	Faixa de Espessura (mm)	CE <sub>IIW</sub> (%)	LE(MPa)	LR(MPa)
A B D E	6.00 ≤ E ≤ 50.80	0.40 máx	235 min	400 – 520
AH-32	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80	0.35 máx	315 min	440 – 585
DH-32	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			
EH-32	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			
AH-36	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80	0.38 máx	355 min.	490 - 620
DH-36	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			
EH-36	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			
A-40	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80	0.40 máx	390 min.	510 - 660
D-40	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			
E-40	6.00 ≤ E ≤ 12.50 12.51 ≤ E ≤ 50.80			

Fonte: (STANDARD SPECIFICATIO FOR STRUCTYRAL STEEL FOR SHIP – ASTM, 2008).

## 2.4 A SOLDAGEM NA INDÚSTRIA NAVAL

O volume de trabalho de solda na construção naval é muito alto, podendo representar um terço dos trabalhos envolvidos na construção de um navio de grande porte. Com relação à qualidade das juntas soldadas, deve-se tomar muito cuidado, pois está diretamente relacionada com a estanqueidade da água e do óleo e às propriedades estruturais do navio (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

Na fabricação de um navio, os blocos estruturais pesam dezenas de toneladas, apresentando complexas formas geométricas. A solda plana existe com muita frequência, porém, há soldas em todas as posições dos procedimentos de soldagem, exigido que o soldador desenvolva habilidades diferentes para soldar juntas de soldas na maioria das posições (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982).

Em função da complexidade das estruturas do navio, na construção naval, normalmente são utilizados uma grande variedade de tipos de processos de soldagem, desde processos manuais, assim como processos automáticos e robotizados (OKUMURA e

TANIGUCHI, 1982). No estágio da submontagem, onde são construídos os sub-blocos, normalmente são utilizados os processos de soldagem manual, a soldagem por gravidade a soldagem por arco submerso, entre outras. No estágio da montagem, onde é realizada a união dos sub-blocos, para compor os grandes blocos, a solda automática por arco submerso é muito utilizada. “Para a soldagem dos membros do cavernamento, é utilizada a solda manual ou por gravidade, com eletrodo especial para solda horizontal de canto”. Muitos outros processos de soldagem são utilizados na submontagem e na montagem, conforme o tipo de junta e a posição de montagem, tais como os processos: *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*; *Gas-Metal Arc Welding (GMAW)*; *(Flux Cored Arc Welding Gas (FCAW)*; *Gas-Tungsten Arc Welding (GTAW)*; dentre outros. No estágio de edificação dos grandes blocos são montados no dique, com movimentação através de guindastes. Assim como nos estágios anteriores, utilizam-se praticamente os mesmos tipos de processo de soldagem, além do convencional processo manual, podem utilizar também: Soldagem unilateral automática pelo processo *MAMMOTH MELT*; Soldagem múltipla de filetes horizontais pelo processo de arco submerso, utilizando mais de um cabeçote e eletrodos; Soldagem pelo processo eletro-escória; dentre outros (OKUMURA e TANIGUCHI, 1982). Segundo Pickering (1983), por ser um processo de solda automatizado, e apresentar uma alta taxa de deposição, tornado o processo mais rápido e econômico, um dos processos de soldagem mais utilizados é a soldagem por arco submerso (AS).

Durante o acompanhamento do estudo de casos foi possível observar e colher informações através de entrevistas e documentos foi possível constatar que em ambos os estaleiros, utilizam praticamente os mesmos tipos de soldagem mencionados nos parágrafos anteriores.

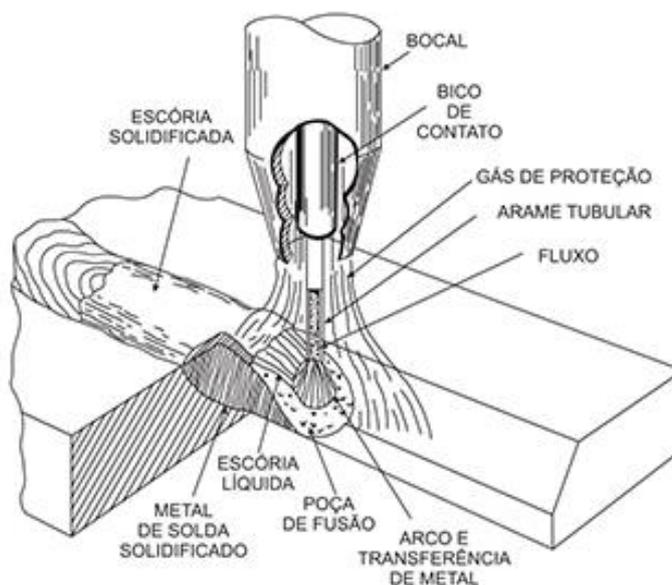
## 2.5 PROCESSO DE SOLDAGEM *FLUX CORED ARC WELDING GAS*

No processo de soldagem *Flux Cored Arc Welding (FCW-G)*, o calor para soldagem é produzido por um arco elétrico entre um eletrodo de metal de enchimento contínuo e a peça que está sendo soldada. Um eletrodo tubular, de fluxo de núcleo, torna este processo de soldagem único. O fluxo contido no eletrodo pode torna-lo auto protegido. Alternativamente, pode ser utilizado um gás de proteção externo (MEYER, 1993 e CARDOSO, 2008).

Características do processo: a soldagem do processo do *FCAW* possui duas variações principais. O processo *FCAW* protegido com gás (apresentado na Figura 2) usa um gás

fornecido externamente para ajudar a proteger o arco do nitrogênio e do oxigênio na atmosfera. Geralmente os ingredientes do núcleo em eletrodos com gás de proteção são formadores de escórias, desoxidantes, estabilizadores de arco e elementos de liga (MEYER, 1993 e CARDOSO, 2008).

Figura 2 – Esquema da soldagem com FCAW-G



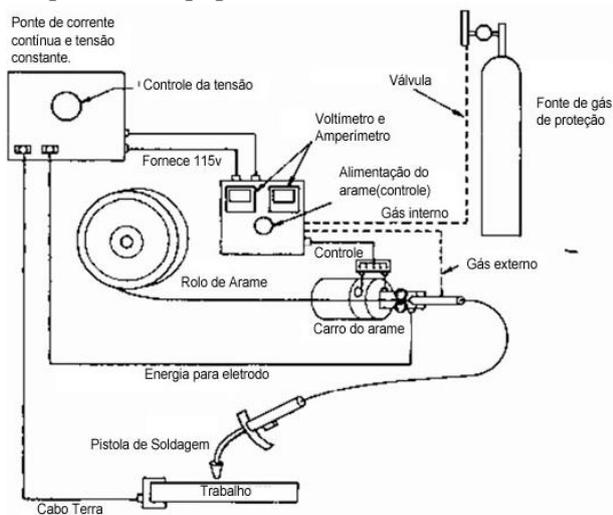
Fonte: (MEYER, ASM Handbook, 1993)

A soldagem de arco com núcleo de fluxo goza de uso generalizado em muitas indústrias. Ambos os processos *FCAW* protegidos com gás e auto protegidos são usados para fabricar estruturas a partir de aços carbono de baixa liga. Ambas as variáveis de processo são utilizadas para a fabricação, mas o processo *FCAW* auto protegido é preferido para uso em campo. A aceitabilidade do processo *FCAW* para uso estrutural é ilustrada pelo fato de que as juntas pré-qualificadas estão incluídas no código de soldagem estrutural do American Welding Society (AWS) (MEYER, 1993).

Os eletrodos de fluxo de núcleo protegido por gás são comumente usados para soldar aço carbono, aço de baixa liga e aços inoxidáveis, na construção de vasos de pressão e tubulações para as indústrias de processamento químico, refinação de petróleo e geração de energia. Além disso, os eletrodos com núcleo de fluxo são usados para soldar algumas ligas de níquel-base. Os eletrodos com núcleo de fluxo também são usados nas indústrias automotivas e de equipamentos pesados, na fabricação de elementos de armação, caixas de eixos, jantes, componentes de suspensão e outras peças. Os eletrodos de fluxo de núcleo de pequeno diâmetro são usados para o reparo do corpo automotivo (MEYER, 1993).

O equipamento básico inclui uma fonte de alimentação, um sistema de alimentação de fio e uma pistola de solda. O equipamento auxiliar necessário, como o gás de proteção, depende da variante do processo utilizado e do grau de automação. O equipamento de remoção de fumaça também deve ser considerado na maioria das aplicações do processo *FCAW*. O equipamento semiautomático típico é mostrado na Figura 3. O equipamento usado no processo *FCAW* protegido a gás é tipicamente idêntico ao equipamento *GMAW* (MEYER, 1993).

Figura 3 – Esquema do equipamento semiautomático do *FCAW-G*



Fonte: (MEYER, ASM Handbook, 1993)

Para o processo semiautomático *FCAW-G* é recomendada uma fonte de alimentação de corrente contínua, de tensão constante (DC). A maioria dos suprimentos de energia usados para *FCAW-G* semiautomático têm classificações de saída de 600 A ou menos. Uma fonte de energia avaliada em 60%, ou mais, do ciclo de trabalho é a melhor escolha para a maioria das aplicações industriais. Uma classificação do ciclo de trabalho de até 20% pode ser suficiente para manutenção e reparos das aplicações industriais. As fontes de energia de corrente constante são usadas em certas situações, como aplicações de soldagem de campo, onde as fontes de energia *SMAW* portáteis constantes estão prontamente disponíveis (MEYER, 1993).

A adição de um contador e um alimentador de fio de sensor de tensão torna este um sistema de soldagem completamente adequado. No entanto, esse sistema só é recomendado quando o uso de um sistema de tensão contínua não é viável, pois os sistemas de corrente contínua produzem um arco de soldagem inerentemente menos estável do que os sistemas de tensão contínua (MEYER, 1993).

Os alimentadores de fio para sistemas *FCAW-G* de tensão contínua geralmente são dispositivos simples que proporcionam uma velocidade constante de alimentação de fio. A

fonte de alimentação fornece corrente suficiente para manter um arco na tensão que está predefinida na fonte de alimentação. Uma mudança na velocidade de alimentação do fio resulta em uma alteração na corrente de soldagem (MEYER, 1993).

Em um sistema de corrente constante, o alimentador de fio é um pouco mais complexo. A corrente de soldagem está predefinida na fonte de alimentação. O alimentador de fio possui um circuito de retorno de tensão que permite ajustar a velocidade de alimentação do fio para manter a tensão de soldagem desejada. O alimentador de fio geralmente contém sistemas para fechar o contador e abrir o gás de proteção da válvula solenoide (apenas *FCAW* protegido a gás) quando a soldagem é iniciada. Os rolos de alimentação geralmente são usados no processo *FCAW*. Alguns alimentadores de fio usam um único rolo de transmissão emparelhado com um rolo de pressão não curvado. Outros têm um ou dois pares de rolos de transmissão (MEYER, 1993).

Ambas as pistolas de soldagem refrigeradas a ar e a água são usadas no processo *FCAW* semiautomático. As pistolas refrigeradas a ar são geralmente preferidas, porque são mais fáceis de manter, mais leves e menos volumosas (MEYER, 1993).

As pistolas refrigeradas a água podem ser necessárias quando são utilizadas correntes de soldagem superiores a 500 A. Especialmente quando o gás de proteção é rico em argônio. Pistolas refrigeradas a ar projetadas para soldagem protegida a gás não devem ser usadas para soldagem auto protegido, porque a pistola depende do fluxo de gás de proteção para um resfriamento apropriado. As pistolas com pescoço curvo são as mais comuns, porém, as de pescoço reto são usadas de forma limitada. Um interruptor de disparo na pistola de solda deve estar fechado para iniciar a alimentação do fio, o fluxo de corrente de soldagem e o fluxo de gás de proteção (MEYER, 1993).

O eletrodo é entregue do alimentador de fio para a pistola, através de um condutor flexível. Os comprimentos do condutor padrão são 3, 3,7, 4,6 e 6 m (10, 12, 15 e 20 pés). Outros comprimentos também podem estar disponíveis (MEYER, 1993).

O equipamento *FCAW* mecanizado e automático não é substancialmente diferente do usado no processo *FCAW* semiautomático. A fonte de alimentação deve ser classificada para 100% do ciclo de trabalho (MEYER, 1993)..

Podem ser necessárias fontes de alimentação capazes de produzir até 1000 A para algumas aplicações de soldagem. Os sistemas de corrente constante são muito raramente usados para soldagem mecanizada e automática. O sistema de alimentação de fio é separado em um conjunto de motor de acionamento e um dispositivo de controle de soldagem, o último

dos quais muitas vezes tem um sistema para iniciar automaticamente o mecanismo de viagem quando o fluxo de fio, fluxo de corrente e fluxo de gás de proteção são iniciados (MEYER, 1993).

O dispositivo de controle de soldagem também é equipado com um voltímetro e um amperímetro. A pistola de solda em sistemas mecanizados e automáticos é frequentemente montada diretamente no conjunto do motor de acionamento, eliminando a necessidade de um conduto (MEYER, 1993)..

A pistola geralmente é reta, mas pistolas de pescoço curvo também são usadas. São utilizadas pistolas refrigeradas por água e ar, dependendo do nível de corrente de soldagem e do gás de proteção. A maioria das pistolas refrigeradas a ar comumente disponíveis pode ser usada em níveis até 500 A com gás de proteção de CO<sub>2</sub> (MEYER, 1993).

Quando o gás de proteção argônio é usado, a mesma pistola só pode ser adequada para uso em níveis até 300 A. As pistolas refrigeradas a água geralmente são usadas em níveis de correntes mais altas. Vários mecanismos de transporte são usados, dependendo das aplicações. Estes mecanismos incluem carruagens de feixes laterais, carruagens tipo trator e robôs (MEYER, 1993).

Em muitos casos, a quantidade de fumos gerados pelo processo *FCAW* é suficiente para exigir equipamentos de remoção de fumaça. Embora tais equipamentos possam ser tão simples como os exaustores no telhado da fábrica, a coleta de fumaça local é necessária. Esses sistemas podem ser tampas de coleta, localizadas acima da pistola de solda, ou exaustores de fumaças. Essas pistolas são mais eficientes na coleta de fumaças, porém, são mais pesadas e mais volumosas que as pistolas de soldagem padrão. As coberturas de recolhimento de fumos e fumaças, para ser eficaz, devem ser reposicionadas cada vez que o local de soldagem é movido (MEYER, 1993).

## 2.6 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DE SOLDAGEM

Para todo e qualquer processo de soldagem precisa de no mínimo de dois documentos. São eles: a Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) e o Registro da Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS).

A Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento elaborado para oferecer aos soldadores e operadores de soldagem as instruções para a produção de soldas. A fim de atingir o seu objetivo, deve conter detalhadamente todos os parâmetros e condições da operação de soldagem (Anexos 1). Este documento também é utilizado pelo inspetor de

soldagem para o acompanhamento das qualificações e da soldagem de produção, para verificar se os parâmetros e condições estabelecidas estão corretos. O Registro da Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS) é o documento que observa todos os parâmetros e condições estabelecidas na EPS, seguida de ensaios e exame da chapa ou tubo de teste. Os principais parâmetros da operação de soldagem e os resultados dos ensaios e exames são registrados neste documento (Anexos 2). É importante destacar que diversas EP's podem ser preparadas com base em um RQPS, em função das variáveis essenciais, e que podem ser necessários vários RQPS para dar suporte a um EP's, por exemplo: peça de teste soldada em mais de uma posição de teste (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM – FBS, 2012).

## 2.7 CUSTOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM

Muitos engenheiros que trabalham com processo de soldagem são, às vezes, confrontados e desafiados com o problema de como determinar os custos de soldagem. Uma análise de custo pode ser realizada antes da soldagem real, através de uma estimativa de custo, ou durante o processo de soldagem quando em andamento para várias finalidades de avaliação. Os motivos para a análise dos custos de soldagem são vários, mas na maioria das vezes são:

- ✓ fornecer dados necessários para orçamentos e proposta de um trabalho;
- ✓ comparar a economia da soldagem com algum outro método de fabricação;
- ✓ estabelecer informações necessárias para tomar uma decisão entre projetos alternativos;
- ✓ avaliar as mudanças propostas nos procedimentos;
- ✓ comparar as vantagens econômicas de processos de soldagem dos concorrentes (THE PROCEDURE HANDBOOK, 1973).

De acordo com Wainer et al., (2011), os motivos para a determinação do custo são: em primeiro lugar o do gerenciamento dos custos de soldagem, a elaboração de orçamentos para concorrência; e o de estimativas para comparação entre processos de fabricação ou de soldagem.

Engenheiros de custos, *designers*, supervisores, gerentes, entre outros, tendem a ter apreensão sobre as atividades de custos por causa dos muitos fatores que devem ser levado em consideração e a possibilidade de erros (THE PROCEDURE HANDBOOK, 1973).

Com razão, todas as operações que sejam necessárias montagens soldadas podem ser cobradas pelo custo de soldagem. Assim, o custo da preparação das juntas, como corte ou usinagem, pode ser adicionado ao custo da soldagem se essas operações não forem necessárias para métodos alternativos de fabricação. Da mesma forma, a limpeza pré-moldada

e pós-limpeza e qualquer pré-aquecimento e pós-aquecimento, alisamento ou outras operações necessárias por soldagem fazem parte dos custos totais de soldagem. No entanto, esses consumidores acidentais de tempo, materiais e energia geralmente são incluídos no fator de operação atribuído à soldagem se o soldador executar qualquer uma dessas operações. Algumas operações, tais como inspeção radiográfica, testes ultrassônicos e alívio do estresse, são calculados separadamente e não estão incluídas no custo de soldagem. Os processos de soldagem são bastante consistentes. O tempo e o material necessários para produzir certo comprimento de solda por um determinado processo em um trabalho são boas indicações do tempo e do material necessários para produzir o mesmo tipo de solda em um trabalho similar (THE PROCEDURE HANDBOOK, 1973).

Para a determinação de custos de soldagem há uma vasta gama de variáveis que se deve levar em consideração: escolha do processo de soldagem em si; treinamento do soldador; definição da junta; definição dos equipamentos, e até mesmo a simulação de fabricação. Devido á extensa variedade de opções nas escolhas e definições do processo, pode ser difícil e, de certa forma complexa, a montagem de um esquema que permita a determinação e elaboração dos cálculos de custos de soldagem. Nas etapas dos cálculos dos custos dos processos de soldagem há dois importantes aspectos a considerar: o da preparação e o da execução da soldagem (WAINER, 2011; MACHADO, 1995 e CANETTI, 1992).

Segundo Wainer et al., (2011), para a preparação da soldagem deve-se analisar os requisitos da junta a ser soldada, levando-se em consideração as propriedades químicas e mecânicas e o nível de penetração especificado. Além destes, deve-se também considerar os seguintes aspectos: a escolha do metal de adição compatível, o equipamento necessário, e eventuais acessórios. Há ainda a adicionar a escolha do pessoal, necessidade de treinamento do soldador no processo escolhido, a fim de se evitar gargalo na produção, prejudicando a rapidez no prazo de entrega dos pedidos de fabricação, a confiabilidade, a qualidade, os investimentos não previstos e conseqüentemente o aumento nos custos de fabricação e redução da margem de lucro.

A execução da soldagem é uma etapa onde se devem considerar as análises da engenharia de métodos e processos, onde são definidos minuciosamente os métodos de trabalho e conseqüentemente os tempos de fabricação do processo escolhido (WAINER, 2011). Este trabalho não considerou fazer estimativas de custos através do uso de tabelas e curvas obtidas de soldagem, como indicado e apresentadas nas diversas literaturas acadêmicas. Porém, determinou o custo padrão nas oficinas e o custo real no chão de fabrica

através dos conhecimentos, técnicas e métodos da engenharia de métodos e processos nos estaleiros “A” e “B”, objeto de estudo desse trabalho.

Para Beulke (2005), a palavra custo pode significar custo ideal, custo meta, custo padrão, ou ainda estimativa de custo (dados anteriores) ou custo real (dados posteriores) à fabricação.

Ao invés de se envolver com equações de custos complexas de aplicação duvidosa para o sistema contábil de uma empresa, a discussão neste trabalho foi limitada principalmente ao custo de deposição de solda de metal. Sendo assim, essa pesquisa considerou em sua metodologia para a determinação dos custos de soldagem a apuração dos custos das operações para a determinação do custo operacional para a operação de soldagem propriamente dita, ou seja, o custo dos seguintes consumíveis: metal depositado, gás de proteção, energia elétrica, back cerâmico, mão de obra do soldador e seus respectivos encargos sociais. Não foram considerados itens como: pré ou pós-aquecimento, calibragens, ensaios não-destrutivos, dentre outros que, embora relacionados às operações de soldagem, devem ser calculados separadamente devido às suas peculiaridades.

Wainer et al., (2011) propõe dois métodos para a determinação dos custos de soldagem: o método do cálculo detalhado, item por item, obtendo-se ao final um valor muito próximo ao real, e o método da planilha. A diferença entre eles está na quantidade de cálculos do primeiro e na menor precisão do segundo. Um fator de correção variável conforme o processo de soldagem, aplicado como fator de multiplicação do segundo método, poderá melhorar sensivelmente sua precisão. A Tabela 2 apresenta os fatores de correção aplicáveis aos diferentes processos.

Tabela 2 - Fatores de correção para o método da planilha

Processo	Fator
Eletrodo revestido	1,02
Eletrodo nu sob proteção	1,09
Arame tubular com proteção	1,09
Arame tubular sem proteção	1,04

Fonte: Wainer et al., 2011

Esta pesquisa adotou um método para a determinação dos custos de soldagem, onde as principais variáveis de consumo foram medidas pelas observações diretas através do acompanhamento nas condições reais dos processos de produção dos processos de soldagem, com o uso do conhecimento, técnicas e métodos da engenharia de métodos, pelo fato desta metodologia traduzir com precisão as reais condições do ambiente e dos métodos de trabalho

onde os processos de soldagem aconteceram. Todavia, é crucial ter o pleno conhecimento do que existe hoje na literatura acadêmica sobre custos de processos de soldagem.

### 2.7.1 Método tradicional de apuração dos custos de soldagem

O método tradicional de apuração dos custos de soldagem é composto pelas seguintes fórmulas:

#### Fórmula 1 - Apuração dos custos de soldagem (método tradicional)

$$C = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8, \text{ onde:}$$

C = Custo total da soldagem

C1 = custo do metal de adição a utilizar

C2 = custo da energia elétrica a ser consumida

C3 = custo da mão de obra envolvida

C4 = custo da manutenção do equipamento

C5 = custo da depreciação do equipamento

C6 = custo dos produtos protetores tipo anti-respingo

C7 = custo do material de proteção (luvas, máscaras etc)

C8 = custo do material consumível (bicos e bocais)

Fonte: Wainer et al., 2011

Segundo Wainer et al., (2011), o valor C1 é encontrado através do produto da quantidade de solda na junta pelo preço do metal de adição a consumir, multiplicado pela eficiência do metal de adição. A quantidade de solda na junta é o material a ser depositado e para o preenchimento do chanfro devem ser considerados os reforços da solda assim como o material a ser repostado após as operações de goivagem.

A eficiência do metal de adição é seu rendimento. Isto é, as quantidades a mais necessárias para o preenchimento do chanfro, são as perdas resultantes de pontas, e respingos. Já o preço do metal de adição é o valor efetivamente pago pela empresa e deve ser levantado junto ao setor de compras. (WAINER et al., 2011).

Caso o processo de soldagem faça uso de um gás protetor, como o gás carbônico, o argônio, o hélio, ou alguma mistura, seu custo deve ser acrescentado ao total anterior através do seguinte cálculo:  $C_{gás} = \text{custo do gás/litro} \times \text{vazão (l/min)} \times \text{tempo real de soldagem (min)}$ . E se o processo usar um fluxo protetor, seu custo deve ser adicionado através do seguinte cálculo:  $C_{fluxo} = \text{quantidade empregada} \times \text{preço unitário do fluxo} \times d_b$ , sendo o valor de  $d_b$  variável entre 1,0 e 1,3 (valor médio 1,15). Enquanto isso, o custo da energia elétrica é calculado através da fórmula (WAINER et al., 2011):

Fórmula 2 - Custo de energia elétrica

$$C_2 = \frac{\text{potência da saída} \times \text{tempo real de soldagem} \times \text{preço do kWh}}{1.000 \times \text{eficiência do equipamento}}$$

Fonte: Wainer et al., 2011

A eficiência do equipamento pode ser calculada através de dados das potências de entrada e saída, fator de potência. Tendo em vista as possibilidades de ocorrência de distorções e sendo ainda a avaliação muito trabalhosa por envolver uma série de cálculos, a melhor solução é usar os valores médios fornecidos pelos fabricantes. Valores indicados na Tabela 3. (WAINER et al., 2011):

Tabela 3 - Eficiência dos equipamentos de soldagem

Equipamento	Eficiência
Transformador	80
Retificador trifásico	75 (5: 400 A) 80 (>400A)
Retificador monofásico	75
Gerador	65

Fonte: Wainer et al., 2011

Outro valor importante é o do custo de mão de obra, conseguido através da Fórmula 3:

Fórmula 1 - Valor do custo de mão de obra

$$C_3 = (\text{custo da mão de obra} + \text{encargos sociais}) \times \text{tempo de soldagem.}$$

Fonte: Wainer et al., 2011

Segundo Wainer, et al., (2011), é importante observar que o fator de marcha, de operação, ou cadência da mão de obra, é o índice que define o quanto, dentro do tempo total, foi usado na operação de soldagem propriamente dita. Isto é, o tempo de arco aberto. Seu valor é baseado na prática de cada empresa e até em situações específicas. Valores para certas situações específicas são especificados, tais com: arco elétrico manual com eletrodo revestido a: 20 a 25%. O maior índice é aplicado quando o soldador apenas solda, não executando as operações de preparação e montagem; Arco elétrico semiautomático com eletrodo nu ou tubular: a 30 a 60%; O menor índice quando a soldagem é executada fora da posição plana, em regiões de acesso difícil, com elevado pré-aquecimento e arco submerso automático: 50 a 90%. O menor índice é aplicado para as situações de menor preparação em relação ao tempo total de soldagem, como nas soldas circunferenciais de grandes diâmetros e espessuras. O custo de manutenção do equipamento deve ser calculado pela Fórmula 4 (WAINER et al., 2011):

Fórmula 2- Custo de manutenção do equipamento

$$C_4 = \frac{\text{despesa mensal de manutenção}}{\text{produção mensal}}$$

Fonte: Wainer et al., 2011

Onde há despesas colocar custos. Vale salientar que despesa não é custo, e, que nesta pesquisa, não será considerada como tal. Enquanto isso, os custos da depreciação dos equipamentos devem ser calculados pela Fórmula 5.

Fórmula 3 - Custos de depreciação do equipamento

$$C_5 = \frac{\text{despesa mensal de depreciação}}{\text{produção mensal}}$$

Fonte: Wainer et al., 2011

Onde há despesa colocar custo, sendo a depreciação mensal de 10% do valor do equipamento, em 12 meses. Nesta pesquisa, não foram considerados os custos de depreciação, porém os demais custos, C6, C7 e C8, analisados na pesquisa, são facilmente calculados com a medida da quantidade utilizada multiplicada pelo preço unitário.

O cálculo  $\underline{r}$ , custo final de soldagem, deve ser efetuado pelo custo por kg de metal de adição expresso em \$/kg, índice particularmente interessante para comparar economicamente diferentes processos de soldagem. Além disso, esse índice permite a rápida estimativa para o cálculo de custo de soldagem de um equipamento ou obra, bastando multiplicar o índice encontrado pela quantidade, em kg pelo material de adição a ser usado. A Tabela 4 apresenta a sequência da estrutura de custos com a base da planilha de cálculo  $\underline{r}$ , observando os dados para obtenção do custo final.

Tabela 4\_- Base da planilha de cálculo

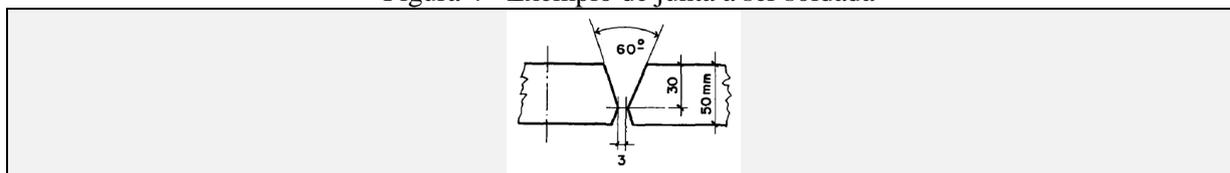
Itens	Equação	Variável
Quantidade de metal depositado		a
Eficiência do metal de adição		b
Quantidade do metal de adição	$c = a + b$	
Tipo e parâmetros do metal de adição		d
Taxa horária de deposição ideal		e
Fator de marcha – cadência		f
Taxa horária de deposição real	$g = e . f$	
Tempo real de soldagem	$h = a / g$	
Custo de mão de obra e encargos/hora		i
Custo de mão de obra direta	$j = h . i$	
Custo do metal de adição/kg		k
Custo do metal de adição necessário	$i = k . c$	
Eficiência do equipamento		$\eta$

Itens	Equação	Variável
Custo do kWh		m
Custo da energia elétrica	$z = (V \cdot i \cdot f / 1000) \cdot m$	
Custo da soldagem	$p = j + l + z$	
Fator de correção do processo		q
Custo final da soldagem	$r = p \cdot q$	

Fonte: Wainer et al., 2011

Como exemplo, pode-se observar a junta indicada na Figura 4, que pode ser soldada por: eletrodo revestido, Ø 4mm; corrente de 150 A; tensão de 25 V; arco submerso, Ø 4 mm; corrente de 650 A; tensão de 30 V e material especificado: AWSE 7018 e AWS F7 AZ-EM 12 K.

Figura 4 - Exemplo de junta a ser soldada



Fonte: Wainer et al., 2011

O cálculo de a = quantidade de metal a depositar, na tabela 4. Calcula-se a seção reta da junta e a multiplica pelo comprimento e pela massa específica (7,85 kg/dm<sup>3</sup> para o aço) e dará a massa total a depositar. Para facilidade do cálculo são apresentadas as Tabelas 6 e 7, com dados quantitativos do material a depositar para os casos de cordão de solda em ângulo e chanfros em X, com e sem a face de raiz e em duplo U. De acordo com a Tabela 5, a massa de solda a ser depositada no caso da Figura 4, é de 8,02 kg.

Tabela 6 - Metal depositado em cordão de solda em ângulo reto, convexo e côncavo.

Espessura (mm)	Metal depositado (kg/m)		
	Reto	Convexo	Côncavo
3,2	0,044	0,053	0,050
4,8	0,099	0,118	0,113
6,3	0,175	0,211	0,200
7,9	0,273	0,329	0,313
9,5	0,393	0,475	0,450
11 '1	0,536	0,646	0,614
12,7	0,699	0,843	0,801
14,3	0,886	1,068	1,013
. 15,8	1,094	1,320	1,252
19,0	1,578	1,905	1,796
22,2	2,149	2,585	2,449

Fonte: Wainer et al., 2011

Tabela 7 - Metal depositado em chanfros em X; X com face de raiz e em duplo U

Espessura (mm)	Metal depositado (kg/m)		
	Em X	Em X com face de raiz	Em duplo U
25,4	2,46	3,05	2,48
31,7	3,55	4,07	3,43
38,1	4,88	5,12	4,45
44,5	6,35	6,24	5,51
50,8	8,02	7,40	6,62
57,1	9,96	8,63	7,78
63,5	12,06	9,90	9,02

Fonte: Wainer et al., 2011

O cálculo de b = eficiência do material de adição, na tabela 5. Para o processo de eletrodo revestido b = 65%, isto é, para cada kg de eletrodo há um depósito de 650g. Para o processo do arco submerso a eficiência é da ordem de 98%, já que se perde apenas a ponta.

O cálculo de c=quantidade do metal de adição, na tabela 5. Sendo dado pelo quociente entre a e b, se tem (Idem): para eletrodos revestidos:  $C_e = 8,02 : 0,65 = 12,34$  kg; para arco submerso:  $C_a = 8,02 : 0,98 = 8,18$  kg; supondo o consumo geral de fluxo 1,2 vezes o do arame, será obtido:  $c_{fl} = 8,18 \times 1,2 = 9,8$  kg de fluxo.

O cálculo de d: tipos e parâmetros do metal de adição, na tabela 5. Para eletrodo revestido: Ø 4 mm; 150 A; 25 V, e para arco submerso: Ø 4 mm; 650 A; 30 V;

O cálculo de e=taxa horária de deposição ideal, na tabela 5. Valores desta variável já foram calculados experimentalmente e constam de catálogos de fabricantes. As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os valores mais usuais. Nessas tabelas apresentam 1,5 kg/h, para eletrodos revestidos, e 7,10 kg/h para arco submerso.

Tabela 8 - Taxa de deposição (kg/h) a cadência ideal (100% de arco aberto) Eletrodo revestido CCPR

Bitola (mm)	Especificação AWS		
	6010	7018	7024
3,2	0,95	1,05	1,8
4	1,45	1,5	2,6
5	1,8	2,3	3,4
6,3	-	3,7	4,8

Fonte: Wainer et al., 2011

Tabela 9 - Taxa de deposição com eletrodo nu· CCPR (kg/h)

Bitola (mm)	Intensidade da corrente (A)							
	com argônio				Com CO2			
	100	200	300	400	100	200	300	400
0,8	1,3	3,4	-	-	0,9	3,1	-	-
1,2	1,3	2,9	5,2	-	0,9	2,3	4,0	-
1,6	-	2,5	4,5	6,3	-	3,2	4,5	6,8

Fonte: Wainer et al., 2011

Tabela 10 - Taxa de deposição com eletrodo tubular; CCPR (kg/h)

Bitola (mm)	Intensidade de corrente (A)				
	150	260	300	400	500
1,2	1,8	2,7	3,9	-	-
1,6	-	2,3	3,6	-	-
2,4	-	-	4,0	5,5	8,2
3,2	-	-	4,3	6,5	9,8

Fonte: Wainer et al., 2011

O cálculo de  $f$ =cadência, na tabela 5. Como resultado experimental ficaram estabelecidos os índices de 30% para soldagem com eletrodos e 50% para o arco submerso.

O cálculo de  $g$ =taxa horária de deposição real, na tabela 5. Como resultado dos valores estabelecidos para  $f$  ficaram estabelecidos: para eletrodo revestido:  $ger = 1,5 \times 0,3 = 0,45$  kg/h, e para arco submerso:  $gas = 7 \times 0,5 = 3,55$  kg/h (WAINER et al., p. 449-461).

O cálculo de  $h$ =tempo real de soldagem, na tabela 5. Ficam determinados os seguintes parâmetros: para eletrodos revestidos:  $her = 8,02 : 0,45 = 17,82$  h, e para arco submerso:  $has = 8,02 : 3,55 = 2,26$  h.

A determinação de  $i$  = mão de obra + encargos, na tabela 5. Este parâmetro é variável no tempo e no espaço, sendo assim, recomenda-se manter na sua expressão literal. Supondo que operadores tenham diferentes salários, determina-se:  $ier$  para o caso de eletrodo revestido e  $ias$  para o arco submerso.

O cálculo de  $j$ =custo de mão de obra direta envolvida, na tabela 5. Sendo dada pelo produto  $h \cdot i$ , calcula-se: para eletrodo revestido:  $jer = 17,82 ier$ , e para arco submerso:  $jas = 2,26 ias$ .

A determinação de  $k$ =preço do metal de adição, na tabela 5. Assim com a mão de obra, este parâmetro também é variável no tempo e no espaço, sendo assim, serão indicados valores literais e determina-se:  $ker$  para eletrodo revestido e  $kasa$  e  $kasf$  para, respectivamente eletrodo nu e fluxo para o arco submerso.

O cálculo de  $l$ =custo do metal de adição necessário, na tabela 5. Sendo dado pelo produto  $k \cdot c$ , calcula-se: para eletrodo revestido:  $ler = 12,34 ker$ , e para arco submerso:  $las = 8,18 kasa + 9,81 kasf$ .

A determinação de  $m$ =custo kWh. Entra no cálculo com o valor  $m$ .

A determinação de  $\eta$ =eficiência do equipamento. Usando um retificador trifásico, determina-se: para eletrodo revestido:  $T]er = 75\%$ , para arco submerso:  $T]as = 80\%$ .

O cálculo de  $z$ =custo da energia elétrica, na tabela 5. De acordo com os valores determinados anteriormente calcula-se na Fórmula 6.

## Fórmula 4 Eletrodo revestido e arco submerso

$$\text{para eletrodo revestido: } z_{er} = \frac{150 \times 25 \times 17,82 \text{ m}}{1.000 \times 0,75} = 89,1 \text{ m}$$

$$\text{para arco submerso: } z_{as} = \frac{650 \times 30 \times 2,26 \text{ m}}{1.000 \times 0,8} = 55,09 \text{ m}$$

Fonte: Wainer et al., 2011

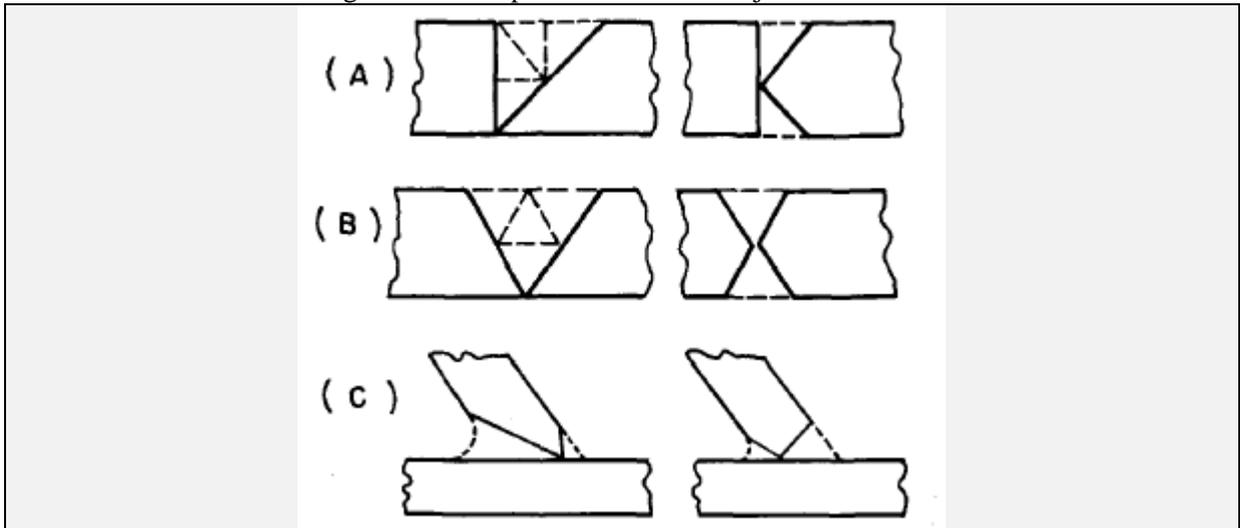
O cálculo de p=custo da soldagem sem correção, na tabela 5. Sendo  $p = j + 1 + z$ , calcula-se: para eletrodo revestido:  $P_{er} = 17,82 \text{ ier} + 12,34 \text{ ker} + 89,1 \text{ m}$ , e para arco submerso:  $P_{as} = 2,26 \text{ ias} + 8,18 \text{ kasa} + 9,81 \text{ kasf} + 55,09 \text{ m}$ .

O cálculo do custo final da soldagem=r, na tabela 5. Considerando os fatores de correção, (1,02 para o eletrodo revestido e 1,05 para o arco submerso), o custo total da soldagem será dado por: para eletrodo revestido:  $r_{er} = (17,82 \text{ ier} + 12,34 \text{ ker} + 89,1 \text{ m}) 1,02$ , e para arco submerso:  $r_{as} = (2,26 \text{ ias} + 8,18 \text{ kasa} + 9,81 \text{ kasf} + 55,09 \text{ m}) 1,05$ .

É consenso que a redução de custos deve ser uma preocupação constante do profissional de soldagem, seja este envolvido na especificação ou na produção. Wainer, et al (2011), destaca e cita três pontos essenciais que devem ser cuidadosamente analisados: O volume de metal depositado deve ser o menor possível, o que implica na escolha e na definição do chanfro aplicável. A maior taxa horária de deposição é o resultado da utilização do processo mais produtivo, de bitolas maiores, de dispositivos-posicionadores e da automação; e por fim, na escolha do metal de adição. A solução correta será a mais econômica entre as várias opções técnicas (WAINER et al., 2011).

A escolha de chanfros é uma ótima sugestão para a redução de custos. A Figura 5 apresenta três possíveis soluções para a escolha de chanfros. Comparando-se as figuras geométricas, observa-se que as soluções colocadas à direita apresentam sempre menores volumes de material a depositar (WAINER et al., 2011).

Figura 5 - Exemplos de chanfros em juntas soldadas

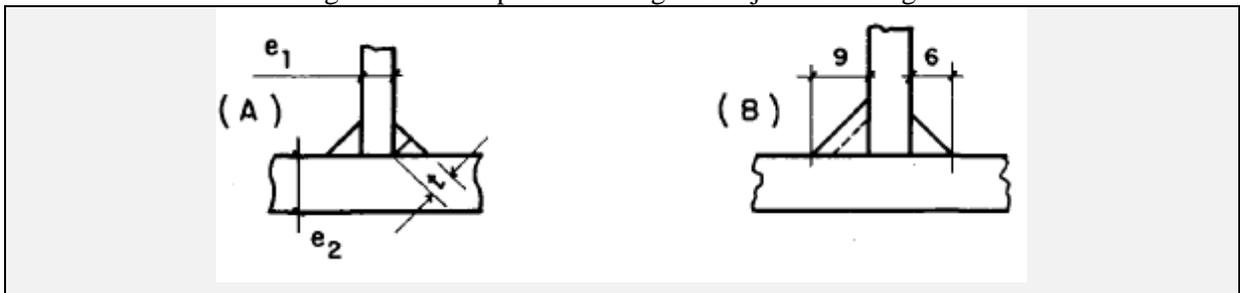


Fonte: Wainer et al., 2011

Outra forma para redução de custos é o dimensionamento do cordão de solda em ângulo. Uma regra prática para a determinação deste cordão é especificar a garganta teórica entre  $x$  e  $0,7 x$ , sendo  $x$  a menor espessura da peça a ser soldada. No caso (a) da Figura 5, supondo  $e_1 = 20$  mm e  $e_2 = e_1$ , a dimensão  $t$  deve estar entre 7 e 10 mm.

Wainer et al., (2011) ressalta que é importante observar que para pequenos aumentos na seção resistente há exagerado aumento no volume de solda. No caso (b) da Figura 6, quando a largura do cordão de solda em ângulo aumenta 50%, passando de 6 para 9 mm. O volume do cordão de solda aumenta de 125%, passando a seção de 18 para 40,50 mm<sup>2</sup>.

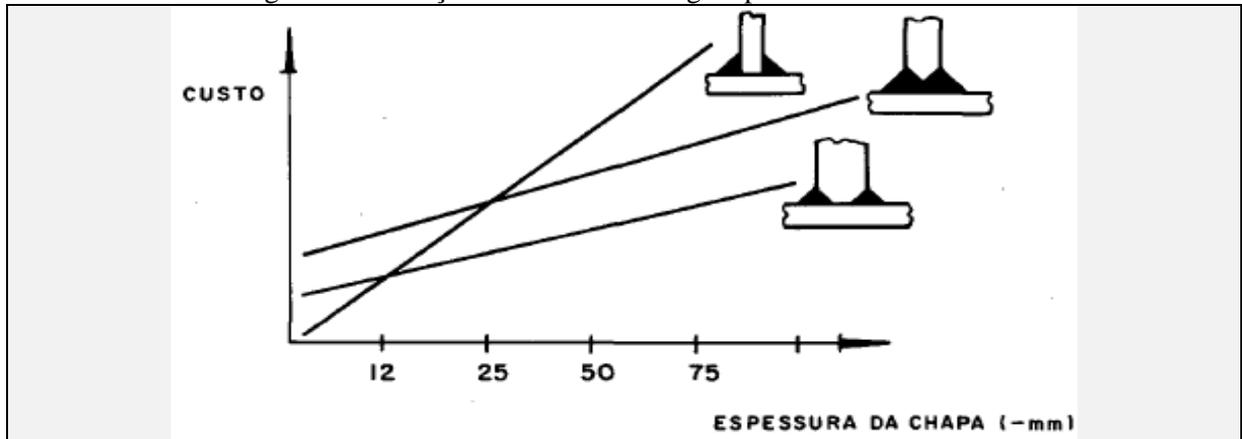
Figura 6 – Exemplos de soldagem em juntas em ângulo



Fonte: Wainer et al., 2011

Na Figura 7 observa-se a variação do custo em função da espessura da chapa para três diferentes tipos de cordões de solda em ângulo

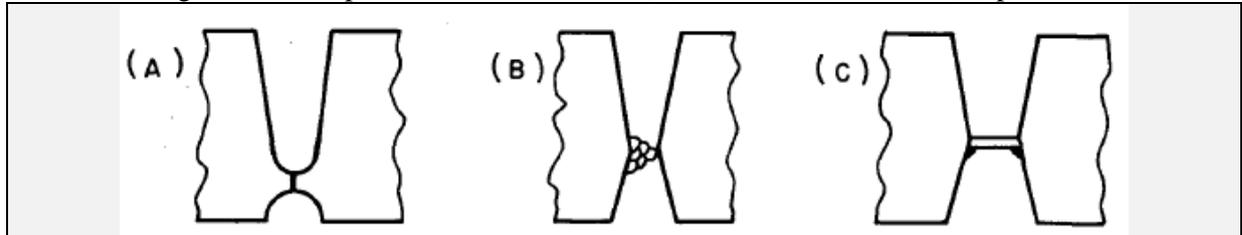
Figura 7 – Variação do custo de soldagem para diferentes cordões



Fonte: Wainer et al., 2011

Na Figura 8, observa-se que a partir de espessuras de cerca de 50 mm, a viabilização econômica, visando a redução do volume de metal a depositar, está na utilização de chanfros estreitos, sejam eles usinados ou não.

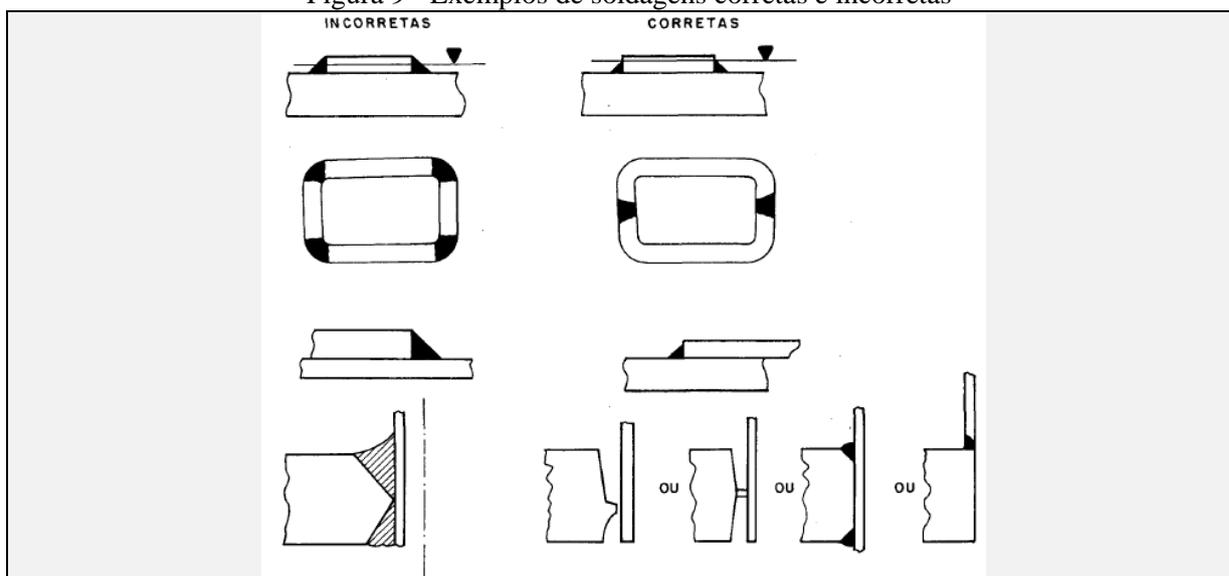
Figura 8 - Exemplo de chanfros estreitos (A) usinado; (B) soldado; (C) ponteados.



Fonte: Wainer et al., 2011

A fim de racionalizar as operações complementares como por exemplo, a usinagem, evitando excesso de solda, assim como o projeto de componentes, evitando soldas desnecessárias, o profissional de solda deve estar atento. A Figura 9 mostra algumas soluções corretas e incorretas.

Figura 9 - Exemplos de soldagens corretas e incorretas

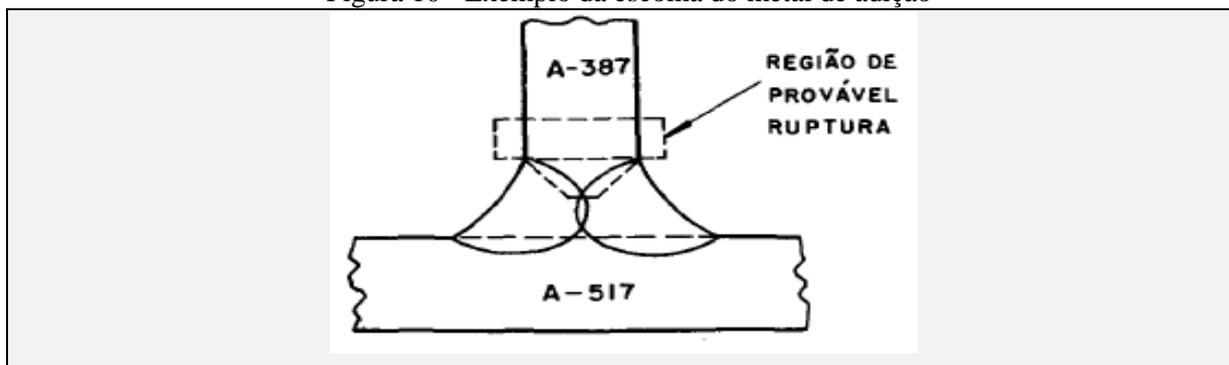


Fonte: Wainer et al., 2011

Outra forma para redução de custos é o preparo da operação de soldagem. A fim de assegurar uma maior taxa horária de deposição deve-se utilizar processos de maior produtividade associados às maiores bitolas possíveis. Ao examinar, por exemplo, um caso de soldagem com arco submerso, deve-se analisar as possibilidades de usar dois ou mais arames, empregar a adição de pó de ferro, trabalhar com *stick-out* longo, ou utilizar maiores bitolas. Todas essas condições têm taxa de deposição superiores a do processo convencional usando eletrodo nu com diâmetro de 4mm. Para se garantir que a soldagem seja feita em posição plana, o posicionamento da peça é muito importante, permitindo assim o uso de bitolas maiores. Sendo assim, o profissional de soldagem deve permanecer sempre atento a esta questão.

Sempre que possível, deve-se usar metal de adição de rendimento maior, como por exemplo, o *AWS E 7024* em lugar do *AWS E 7018*. A escolha do metal de adição pode ser bem compreendida com o exemplo indicado na Figura 10: junta em ângulo de um aço *ASTM A 387* e outro *ASTM A 517*. Para cada um desses materiais os eletrodos recomendados seriam, respectivamente, *AWS E 8018 B-2* e *AWS E 11018 M*, sendo este de maior custo. Quer a soldagem seja feita com o material compatível com o aço *ASTM A 387*, quer seja feita com o eletrodo recomendado para o aço *ASTM A 517*, a ruptura no ensaio de tração será dada na seção assinalada, região terminal afetada do material de menor resistência. Dessa forma, sem que ocorra nenhuma vantagem de ordem mecânica nas duas soluções, uma delas é bem mais econômica. Assim, neste caso, e em muitos outros, mas não em todos, a solução econômica e técnica recomenda o emprego do metal de adição mais barato.

Figura 10 - Exemplo da escolha do metal de adição



Fonte: Wainer et al., 2011

O exemplo apresentado na Figura 10 é ilustrativo do caminho a ser seguido, mas não pode ser generalizado, especialmente quando houver aço inoxidável, onde a composição química do material de base e a do metal de adição devem ser estudadas através do diagrama de *Schaeffler*, afetando a decisão final.

O diagrama de *Schaeffler* determina as fases presentes no aço inoxidável depositado por soldagem, em função dos teores equivalentes de cromo e de níquel. É um diagrama que relaciona a composição química do aço inoxidável com a microestrutura obtida para aplicação em soldagem. Este diagrama é muito empregado na soldagem de aço inoxidável, apesar de ter sido criado para condições de equilíbrio.

### 2.7.2 Cálculos para aproximação dos custos estimados de soldagem

Nos cálculos para aproximação dos custos estimados de soldagem, o custo de produção de uma solda é basicamente o custo combinado de materiais e mão de obra. Os custos de materiais consistem no custo do eletrodo, fluxo, gás de proteção e outros consumíveis. Os custos trabalhistas incluem os custos normais da mão de obra, mais na maioria dos sistemas contábeis, uma provisão para gastos gerais. O custo de supervisão, serviços de manutenção e de manutenção, amortização e reparação de equipamentos, custos de aquecimento e iluminação, e assim por diante. Sobrecarga pode ter e gerar muitas despesas não aparentes imediatamente? Os custos de energia elétrica são diretamente exigidos para soldagem, onde geralmente são agrupados na sobrecarga. Por conveniência em cálculos de custos de soldagem, deve-se usar uma referência comum para material e mão de obra, que podem ser expressos em R\$/m de solda (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Para as estimativas dos custos de soldagem há diversas tabelas com dados estimados, para os custos de soldagem mais comum, que auxiliam nos cálculos de custos. São estes: 1.

Tempo necessário para produzir um determinado comprimento da solda. 2. Quantidade de eletrodo consumido. 3. Quantidade de fluxo ou gás de proteção necessário, facilitando e tornando os cálculos de custos para soldas através de estimativas de consumos diretos, pois as informações básicas necessárias podem ser selecionadas diretamente das tabelas de procedimentos. Outras informações necessárias são: o custo do eletrodo por metro, determinado pelo seu custo no momento da compra, custo direto da mão de obra, e seus encargos sociais e custos indiretos por hora, estabelecidos pelo sistema contábil da empresa, e um fator de operação estimado. Os custos podem então ser calculados por fórmulas simples (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Antes de apresentar as fórmulas dos cálculos para aproximação dos custos estimados de soldagem, é necessário apresentar a definição dos símbolos utilizados nas equações de custos, que estão listados na Tabela 10.

Tabela 211 - Definição de símbolos usados nas equações de custo

Símb.	Definição
A	Área transversal da solda, (m <sup>2</sup> ).
CE	Custo do eletrodo (ou fio de enchimento), R \$/m.
CF	Custo do fluxo, R \$/m
CG	Custo do gás de proteção por unidade de volume. R \$/m <sup>3</sup> .
CL	Custo do trabalho e sobrecarga por pé de solda linear, R \$/m.
CM	Custo dos materiais de soldagem consumíveis por metro linear de soldar. R \$/m.
CR	Custo do trabalho e despesas gerais, R\$.
D	Taxa de deposição. Kg/h.
DE	Relação em peso da eficiência de deposição de metal de solda depositado em eletrodo consumido.
OF	Fator de operação, proporção do tempo produtivo ao tempo total requerido pelo soldador.
OH.	Sobrecarga
M	Taxa de fusão do eletrodo, kg/h.
S	Velocidade de trabalho do eletrodo. "velocidade da junção", Kg/h.
T	Tempo total requerido por metro de solda linear, horas/metro.
T'	Valor aproximado de T. horas/metro.
VG	Volume de gás de proteção requerido por metro linear de solda, m <sup>3</sup> /m.
WE	Peso do eletrodo (ou fio de enchimento) consumido por pé de solda linear. Kg/m.
WE'	Valor aproximado de WE, Kg/m.
	Tabela 2.12 - Definição de símbolos usados nas equações de custo (Continuação)
Símb.	Definição
WF	Peso de fluxo requerido por metro de solda linear. Kg/m.
WW	Peso do metal de solda depositado por metro de solda linear, Kg/m.

Fonte: (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973)

Para compor os custos dos materiais o custo do eletrodo consumido por metro de solda é encontrado multiplicando o peso do eletrodo em kg consumidos por metro linear (WE) pelo custo do eletrodo em R\$/m (CE). Custo de eletrodo por metro de solda = (WE) x (CE) (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

O custo de fluxo por metro é similarmente o peso de fluxo (WF) requerido por metro linear de solda multiplicado pelo custo de fluxo por metro (CF).

Custo de fluxo por metro de solda = (WF) x (CF).

O custo do gás por metro de solda é o volume de gás requerido por metro de solda linear (VG) multiplicado pelo custo do gás em R\$ por metro cúbico (CG).

Custo de gás por metro de solda = (VG) x (CG).

O custo do material por metro de solda (CM), então, é igual ao custo de todos os consumíveis:  $CM = (WE) \times (CE) + (WF) \times (CF) + (VG) \times (CG)$ . Equação (1) (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Observa-se que o termo (VG) x (CG) na Equação (1) seria zero em solda de eletrodo submerso ou de eletrodo protegido, pois nenhum gás de proteção é usado. Similar, o termo (WF) x (CF) seria zero com outros processos de soldagem que não o arco submerso (idem).

Para o trabalho, sobrecarga, fator operacional, as taxas diretas de mão de obra mais todos os fatores indiretos, conforme estabelecido pela empresa, podem ser representados por (CR) em R\$/h. O custo de mão de obra e despesas gerais em metro de solda linear (CL) torna-se:  $CL = (T) \times (CR) / OF$ . Equação (2) (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

O denominador fator de operação, proporção do tempo produtivo ao tempo total requerido pelo soldador (OF) nesta equação é o fator de operação. O tempo real do arco aberto é considerado somente durante a hora em que o soldador está aplicando metal soldado produtivo, ou seja, o que de fato agrega valor no processo de soldagem. Ao montar, posicionar e virar, o soldador está "preparando" para se juntar. Ao remover o conjunto de onde está posicionado ou limpar uma solda, ele está executando as operações de "acompanhamento" necessárias. O total de horas que ele trabalha é sempre mais do que o que ele solda, e a proporção das horas de soldagem para o total de horas trabalhadas é conhecida como fator de operação. Este fator é um dos mais básicos nas fórmulas de custo, e deve ser determinado com precisão para fazer avaliações sólidas dos custos (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

O fator de operação pode ser definido pela equação:  $GF = \text{tempo de arco aberto} / \text{tempo total}$ , onde o tempo total é o tempo do arco aberto mais o tempo que o soldador gasta

em operações diferentes da soldagem, incluindo o tempo para fins pessoais. Uma vez que o tempo do arco é sempre dividido por um número maior, a proporção é sempre inferior a 1,0 e, expressa em porcentagem. Assim, fala-se de um fator operacional de 30, 40 ou 50%. Os valores para (OF) geralmente variam de 0,2 a 0,6, mas podem ser maiores para soldagem automatizada ou menor para soldagem de campo de construção. No entanto, o (OF) deve ser cuidadosamente determinado, uma vez que tem um impacto considerável no custo de soldagem final estimado (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Ao adicionar os valores calculados para (CM) e (CL), o custo de soldagem por metro de solda linear é encontrado: Custo por metro linear de solda = (CM) + (CL). Equação (3).

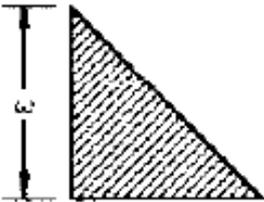
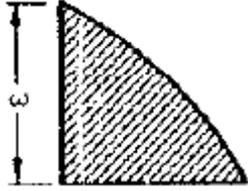
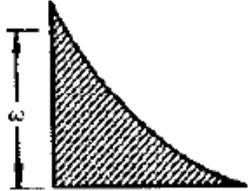
Multiplicar o custo por metro linear pelo número de metros de solda dá o custo calculado de soldagem. A precisão do valor obtido dependerá da precisão dos fatores utilizados (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Quando a solda em consideração, para o cálculo do custo de soldagem não está listada nas tabelas de procedimentos, aplicam-se as mesmas equações de custo, mas os valores para (WE) e (T) e (WF) e (VG), se aplicável, devem ser determinados pela computação ou por medição de soldas de teste. Outras equações são necessárias para tais cálculos (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Neste ponto torna-se necessário fazer uma distinção entre (WE), o peso do eletrodo consumido e (WW), e o peso do metal soldado depositado. Na maioria dos processos de soldagem (a exceção notável é o processo de arco submerso), nem todo o eletrodo acaba como um depósito útil de solda metálica. Alguns são perdidos como salpico e vaporização, e uma parte substancial do peso do eletrodo pode ser constituída por materiais para fornecer um escudo de arco e uma escória protetora. Conseqüentemente, o peso de eletrodo (WE) necessário para produzir um determinado comprimento de solda é geralmente maior do que o peso de metal (WW) necessário para a solda. A proporção do eletrodo que acaba como metal de solda, no entanto, é bastante constante para cada processo de soldagem e, está demonstrado na Equação 4, mais adiante. O peso do eletrodo necessário pode ser calculado se o peso do metal soldado for conhecido. O peso do eléctrodo também pode ser medido diretamente a partir de uma solda de teste, caso em que os dados estimados para (WW) não esteja na tabela. Uma distinção semelhante deve ser feita entre as duas quantidades que podem ser usadas para calcular o tempo de soldagem (T). Uma delas é a taxa de fusão (M) em kg por hora em que o eletrodo é marcado durante a soldagem. A outra quantidade é a taxa de deposição (D) em kg por hora em que o metal de solda é realmente depositado. Essas duas quantidades geralmente

diferem pelo mesmo motivo que o peso do eletrodo consumido não é necessariamente igual ao peso do metal soldado depositado (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Tabela 11 - Peso de metal de solda de aço para juntas de filete

			
	Plano	Convexa	Côncava
Tamanho do fillet (polegada)	Peso do metal (lb/ft)		
1/8	0,032	0,039	0,037
3/16	0,072	0,087	0,083
1/4	0,129	0,155	0,147
5/16	0,201	0,242	0,230
3/8	0,289	0,349	0,331
7/16	0,394	0,475	0,451
1/2	0,514	0,620	0,589
9/16	0,651	0,785	0,745
5/8	0,804	0,970	0,920
3/4	1,16	1,40	1,32
7/8	1,58	1,90	1,80
1	2,08	2,48	2,36
1-1/8	2,60	3,14	2,98
1-1/4	3,21	3,88	3,68
1-3/8	3,89	4,99	4,45
1-1/2	4,62	5,58	5,30
1-5/8	5,43	6,55	6,22
1-3/4	6,29	7,59	7,21
1-7/8	7,23	8,72	8,28
2	8,23	9,93	9,43

Fonte: (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Os valores são para o tamanho das pernas 10% de tamanho, consistente com as práticas normais de fabricação.

Medição direta do consumo de eletrodos. O peso do eletrodo necessário pode ser determinado a partir de medidas diretas (geralmente em soldas de teste), quer com base no tempo ou na hora da solda. Se os cálculos estão sendo feitos com base no comprimento (metros por metro pé de solda), o peso medido do eletrodo consumido é dividido pelo comprimento de solda para fornecer um valor para (WE). O consumo de eletrodos é

facilmente medido diretamente. O método mais comum é pesar mais que o eletrodo suficiente para fazer o teste soldar. Após completar a solda de teste, o eletrodo não utilizado é pesado. A diferença de peso, antes e depois, é o peso medido do eletrodo consumido pelo comprimento da solda de teste (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Uma estimativa um pouco menos precisa de (m) cm é feito com valores de omissão da taxa de deposição e da velocidade de soldagem, usando a Equação 9 vista mais adiante. Independentemente do procedimento usado para encontrar (WW), o consumo de eletrodo (WE) é determinado pela equação:  $WE = WW / DE$ . Equação (4).

Onde (DE) é a eficiência da deposição, sendo este um fator que compensa a perda de material de eletrodo como proteção de vapor, escória e salpicos. Os valores típicos deste fator para vários processos são: soldagem por eletrodo-eletrodo = 0,65; soldagem auto-blindada de fluxo centrado = 0.82; soldagem a gás com arco metálico = 0.92; soldagem de arco submerso = 1,00. A soldagem de arco submerso tem uma eficiência de deposição de 1,00, porque o fluxo é aplicado separadamente e os salpicos são essencialmente inexistentes. No entanto, como em regra geral, consumo de fluxo com submersão aproxima uma quilo por cada quilo de eletrodo derretido (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Determinando o peso do metal soldado: estimativas de meta de solda (WW) necessário para prever o consumo de eletrodo através da Equação 4 pode ser feita primeiro encontrar (A), a área de seção transversal da solda em polegadas quadradas. Esse valor é então multiplicado por um fator de conversão apropriado, tanto para aços, como para alumínio, assim como para outros tipos de metais, para determinar (WW) em kg por metros de solda linear.

No (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973), há várias tabelas onde estão apresentados vários fatores para serem usados em diversas estimativas para os cálculos dos custos de soldagem. Pelo fato da indústria naval ser uma indústria de mão de obra intensiva, nesta pesquisa não foi levado em consideração a elaboração dos custos dos processos de soldagem, através de custos estimados, primeiro que por se só estas estimativas tem apenas uma aproximação, e segundo por não retratar as reais condições dos ambientes de trabalho por essa razão essas tabelas não estão apresentadas neste trabalho.

**Estimativas do tempo de soldagem:** os valores de (T) podem ser encontrados por vários métodos. A estimativa pode ser projetada a partir de uma medida direta do tempo para depositar um metro de uma solda de teste, ou, se o tipo de eletrodo e a corrente de soldagem forem conhecidos, o tempo (T) pode ser calculado a partir da taxa de deposição (D). O tempo

em horas por metro necessário para completar a solda é encontrado a partir da equação:  $T = WW / D$ . Equação (5) (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Se o valor de (D) não estiver disponível, (T) pode ser calculado por uma aproximação utilizando valores do manual para tipos semelhantes de soldas. Para esta estimativa, os valores de (T) e (WE) são selecionados para uma solda de tipo c e espessura de placa mais próxima da soldagem desfazer a consideração. Esses valores - designados (T') e (WE') para indicar que são aproximados e não se aplicam diretamente à solda à mão de obra, são usados para aproximar a taxa de derretimento através de:  $M \approx WE' / T'$ . Equação (6).

O valor de (WE) obtido da Equação 4 e o valor de (M) obtido da Equação 6 são então utilizados para estimar o tempo de soldagem através de:

$$T = WE / M. \text{ Equação (7).}$$

Alguns cálculos podem ser feitos de forma mais conveniente se a velocidade de soldagem (ou junção) (S) for usada no lugar de (T). Essas duas quantidades estão relacionadas através da equação:

$$T = 1 / S. \text{ Equação (8).}$$

Uma aproximação de (WW) pode ser feita combinando Equações 5 e 8 em:

$$WW = D/S. \text{ Equação (9).}$$

O custo de mão de obra e despesas gerais por metro de solda pode ser calculado diretamente a partir da medida da velocidade de soldagem combinando as Equações 3 e 8 em:

$$CL = CR / (S) (OF). \text{ Equação (10).}$$

Resumo dos métodos para cálculo dos custos de soldagem.

**Materiais:** O custo por metro de materiais (CM) pode ser calculado a partir da Equação 1 se a quantidade de consumíveis (WE, WF e VG) e seus custos (CE, CF e CG) são conhecidos. O peso do eletrodo (WE) pode ser encontrado na Equação 4 se o peso do metal de solda (WW) e a eficiência de deposição (DE) forem conhecidos. O peso do metal de solda (WW) pode ser calculado a partir da área de seção transversal da solda (A) e da densidade do metal de solda (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

**Trabalho e despesas gerais:** o custo da mão de obra e as despesas gerais por pé (CL) podem ser calculados pela Equação 2 se o tempo necessário (T), a taxa de trabalho e sobrecarga (CR) e o fator de operação (OF) forem conhecidos. O tempo (T) pode ser calculado pela Equação 5 se o peso do metal de solda (WW) e a taxa de deposição (D) forem conhecidos; pela Equação 7 se o peso do eletrodo consumido (WE) e a taxa de fusão (M) forem conhecidos; ou pela Equação 8 se a velocidade de soldagem (S) for conhecida. Os

custos de mão-de-obra e despesas gerais por pé podem ser calculados diretamente se (CR), (S) e (OF) forem conhecidos (*THE PROCEDURE HANDBOOK*, 1973).

Essas estimativas de custos servem para se adotar uma forma rápida, porém, não precisas, para os custos de soldagem, principalmente se esses processos forem, manuais e semiautomáticos, e estiverem inseridos em indústrias de manufatura intensiva, como é o caso da indústria naval.

## 2.8 CUSTO PADRÃO

A pesquisa de Johnson e Kaplan (1996) mostra que já em 1870, os fabricantes do ramo metalúrgico passaram a projetar, segundo a *American Society of Mechanical Engineers*, sistemas de registro de informações para acompanhar o fluxo de matéria-prima e custos de mão de obra de produtos industriais com processos complexos. Esses métodos, inovadores para a época, visavam gerar informações mais precisas, principalmente para estabelecer planos de participação dos trabalhadores nos ganhos por produtividade, utilizando equipes administrativas (analistas de métodos e processos) para coletar e registrar informações das diferentes atividades operacionais, em nível da produção.

Ainda, segundo Johnson e Kaplan (1996), na década de 1880, gerentes de firmas metalúrgicas complexas ampliaram o âmbito dessas informações, abrangendo inclusive custos de matéria-prima e mão de obra semelhantes às de custos, e que também foram incorporados por empresas das indústrias têxtil e siderúrgica.

Os administradores (em geral com formação de engenharia) que trabalham em metalúrgicas avançaram mais tecnicamente em relação aos colegas dos demais ramos industriais. Em vez de projetarem sistemas meramente para computar os custos reais de matéria-prima e mão de obra, principal objeto dos sistemas de custos de fabricação até aquela época, "dentro da concepção científica", evoluíram sua atenção na formulação de indicadores paramétricos para pré-determinar a matéria-prima e a mão de obra a ser "consumida" na ampliação e diversificação produtiva. Esses métodos, além de determinar padrões para insumos (energéticos, material de manutenção, materiais secundários), matéria-prima e mão de obra, passaram a incluir estudos de projeto de engenharia.

A concepção de Frederick W. Taylor pela "melhor maneira" de utilizar recursos de mão de obra, meios de produção e os materiais, constitui o ponto de partida, no sentido de estruturar informações de desempenho padrão. Para Taylor (1990), os padrões forneciam informações para o planejamento do fluxo de trabalho, de modo que o desperdício tanto de

material quanto de esforço, se mantivessem dentro de uma normalidade passível de ser determinada cientificamente (ou estatisticamente). O sistema de gestão está voltado e projetado para monitorar o trabalho físico e o rendimento material, e não para custos. Em consequência disso, Taylor não via os padrões como ferramentas para controlar custos.

De acordo com Monzo e Pagnani (2003), os novos especialistas em administração, desse período, não compartilhavam da indiferença de Taylor pelos resultados financeiros e, não relutaram em usar os padrões para controle de custos. De acordo com eles, Percy Longmuir, descobriu uma nova forma de usar informações de padrões de matéria-prima e mão de obra para controlar custos reais e, propõe que os custos de mão de obra de cada classe de trabalho realizado na fundição deveriam ser determinados para cada tipo de trabalho, por exemplo, moldadores, operários e registrado em separado. Tais custos de mão de obra são então relacionados ao peso da produção. A experiência - logo fornecerá fatores padrão para cada classe de trabalho, podendo eles ser representados num gráfico como uma linha reta, e o desvio da linha de custo semanal real em relação a ela mostrando imediatamente os graus de mau ou bom trabalho.

Para Monzo e Pagnani (2003), o crédito pela publicação da primeira descrição de sistemas modernos de análise de divergências de custos padrão pertence a dois consultores de administração: Harrington Emerson e a Charter Harrison. Harrison aderiu a Emerson tornando-se, em 1918, a primeira pessoa a publicar um conjunto de equações para a análise da divergência de custos. Emerson, talvez tenha sido o primeiro autor, porém, a enfatizar que informações sobre padrão permitiriam aos gerentes diferenciar entre divergências resultantes de condições controláveis e divergências causadas por condições fora do controle dos administradores, ideia associada anos depois pelos administradores gerenciais à orçamentação flexível.

Porém, para Nakagawa (1991), foram os administradores financeiros do início do século XX, e não os engenheiros, que desenvolveram um terceiro propósito para as informações de custos padrões, bastante distante dos propósitos de autores como Taylor, Longmuir, Emerson e Harrison reconhecendo poderem os custos padrão simplificar grandemente a tarefa de avaliação de estoques.

De acordo com Nakagawa (1991), o aparecimento do custo-padrão deu-se quando as empresas sentiram a necessidade de projetar suas metas por um período específico de tempo (médio e longo prazos) chamando esta projeção de orçamento. Este, por sua vez, se tornou um instrumento de grande significado no processo de Gestão Empresarial. O orçamento,

inicialmente, apresentava os dados de custos de uma forma sintética e não atendia às necessidades dos gestores em visualizar suas metas de resultados por produto, por unidade funcional, ou por linha. O detalhamento dos custos foi introduzido no sentido de se obter uma visão que permitisse uma análise específica dos preços dos insumos empregados na geração dos produtos e serviços. Assim, o relacionamento entre o orçamento e o custo padrão, se manifesta claramente na medida em que o sistema de padrões funciona como base para a elaboração do orçamento, fornecendo informações mais adequadas para o estabelecimento dos planos, os confere ao orçamento o atributo da confiabilidade, já que ele deve se basear nos melhores parâmetros de eficiência. (NAKAGAWA, 1991).

Considerando que o controle deve induzir à identificação das causas dos desvios, é necessário que os padrões sejam incorporados no orçamento de uma maneira tal, que possa oferecer as explicações necessárias para as variações eventualmente ocorridas nas diversas fases do processo produtivo (variações nas matérias primas, quantidade e preço, na mão de obra, taxa e tempo por operação ou fase e nos gastos gerais de fabricação, a sua sub ou sobre liquidação). Esta forma de abertura mostra como as variações podem resultar de diversos fatores, como por exemplo: níveis de atividade diferentes dos planejados, em termos de quantidade e mudanças tecnológicas.

Para Monzo e Pagnani (2003), o custo padrão se fundamenta na mesma concepção do orçamento, diferenciando-se pelo grau de abrangência que fornece ao processo decisório. Ou seja, que, sob dadas condições, certos resultados devem ser conseguidos e que a eficiência das operações é medida pela comparação de um custo estruturado por parâmetros de processos, procedimentos, operações, materiais e de preços (mão de obra, materiais primários e secundários, recursos indiretos) que formam um *padrão de custo*, a ser referenciado com o desempenho do custo real. Assim os padrões são parcelas representativas do que deve ser alcançado sob as condições operacionais pré-estabelecidas pelo método analítico - racional e dedutivo. Quando os padrões não são alcançados, os métodos de análise das variações revelam os fatores causais, localizando o âmbito de decisões e ações, para que seus gestores efetuem correções (*feed-back*), podendo estas se referirem tanto aos processos, como também aos parâmetros estruturados e conseqüentemente do próprio custo padrão. O sistema de custo padrão ao mesmo tempo que complementa, consubstancia o controle de custos no plano orçamentário.

O sistema de custeamento baseado na apuração de custos reais, ou seja, custos já incorridos são relevantes para traçar, através do tempo, o paradigma da estrutura de custos da empresa e para fornecer dados úteis para auxiliar na previsão de tendências.

O custo real deve ser apurado, mesmo num sistema de custo padrão, ao menos periodicamente, a fim de efetuar comparações entre o padrão e o realizado. Iudicibus e Marion (2000) ressaltam, entretanto que, a empresa ou baseia seu sistema de apuração em custos reais ou em custos padrão, conquanto naquele sempre se integrem previsões, pelo menos no que se refere aos gastos gerais de fabricação, e neste se harmonizem as formas de se apurarem as variações com os custos reais. As filosofias dos dois sistemas são totalmente diferentes. Enquanto que o sistema baseado em custos se preocupa somente em custear a produção para apuração de quanto custou determinado produto ou linha, um sistema de custo baseado em custos padrão preocupa-se, primariamente, em delinear o quanto deveria custar certa produção, levando-se em conta certas condições normais (ou ideais em alguns casos). Abrange uma informação de meta a alcançar, de eficácia e de eficiência. (IUDICIBUS e MARION, 2000, p. 215).

Costumeiramente quando se fala em custo padrão, restringe-se sua amplitude à área de custos de produção, desde que existam sistemas de custo padrão abrangentes e extensivos às áreas administrativa, de distribuição, enfim, a toda a empresa. Habitualmente afirma-se que o custo padrão, por visar ao controle de eficiência das operações fabris, é o mais detalhado e analítico do que a correspondente parcela do orçamento operacional da empresa que se dedica à produção.

De acordo com Monzo e Pagnani (2003), o custo padrão além de ser baseado em previsões e metas, é fundamentado em padrões ou *standards* técnicos, consistindo em algo mais detalhado que as previsões orçamentárias. Acima de tudo, com sua finalidade de planejamento, é um sistema de custeamento de produtos que tem como filosofia o controle das operações. Em suma, num sentido limitado, o custo padrão é um hábil instrumento de controle das operações, indicando se estas forem realizadas acima ou abaixo dos padrões de eficiência fixados.

A contabilidade de custos analisa as diferenças entre o custo padrão e custo real, a fim de controlar gastos e medir eficiência. A abordagem posterior é pertinente a conceitos, características, tipos de padrões e variações do custo padrão (*standard*), evidenciando o procedimento contábil para seu estabelecimento.

O custo padrão, para Iudicibus e Marion (2000), representa o custo estabelecido anteriormente à produção, baseando-se em condições planejadas, com o fim principal de estabelecer uma meta contra a qual pode ser medido o custo real. Ainda que o seu benefício seja encontrado na fase de controle dos custos, ele é também utilizado na fase do planejamento (junto com o orçamento) e na fase de execução, por ser um ponto de referência ou ponto de partida para se chegar aos diversos tipos de custos dos produtos.

Em Lang (1976) encontra-se uma referência importante ao se estabelecer a distinção entre custos padrão e custos estimados, onde o autor expressa sua preocupação com a exata definição do termo: custos padrão são custos predeterminados. Entretanto, nem todos os valores de custos preparados anteriormente às operações são admitidos na categoria dos custos padrão. Os custos padrão são estabelecidos por um processo de pesquisa científica que utiliza tanto a experiência passada como a necessidade de controle sobre as operações atuais. Representam um método cuidadosamente planejado de fazer um produto ou prestar um serviço. Evidenciam o quanto, em condições normais, a produção deveria custar e tem por objetivo medir a eficiência, uma vez que possibilita comparações entre o que custou e o custo planejado. (LANG, 1976).

Para Nakagawa (1991), o custo padrão é o parâmetro para comparações. Elas representam um mecanismo prático e aplicativo sob a ótica da abordagem sistêmica e permitem vislumbrar oportunidades e antecipar ameaças competitivas. É uma análise entre organizações semelhantes, dentro ou não do mesmo setor, nas quais ocorrem as melhores práticas, reconhecidamente aceitas pelo mercado. O montante de variação entre o custo atual (real) é igualmente um parâmetro para comparações. É um indício de perda, ou de recuperações potenciais.

Custos padrão fomentam uma atitude positiva. Demonstram que um melhor desempenho é atingível. Constantemente enfatizam o que deveria ser. Desta forma o custo-padrão é definido como sendo o custo ao nível de eficiência ótima atingível da empresa. Horngren e Foster (2000) relacionam o uso do custo padrão ao atingimento de metas. Sua integração com o orçamento empresarial e as economias que propicia na execução do registro contábil: custos padrão são custos cuidadosamente pré-determinados, os quais são usualmente expressos numa base unitária. São os custos que deveriam ser atingidos. Custos padrão ajudam a elaborar orçamentos, medir com precisão o desempenho, obter custos de produtos e a economizar os custos de execução de lançamentos contábeis. Os custos padrão são os blocos para elaboração dos orçamentos flexíveis e para o sistema de *feedback*.

Segundo Iudicibus e Marion (2000), custo padrão é um sistema de custeamento de produtos e tem uma filosofia de controle das operações da empresa.

Custo padrão é um custo estabelecido pela empresa como meta para os produtos de sua linha de fabricação, levando em consideração as características tecnológicas do processo produtivo de cada um, a quantidade e os preços dos insumos necessários para a produção e o respectivo volume desta. Para Martins (2008), a institucionalização do Standard é a forma mais eficaz para o planejamento e controle dos custos, passível de utilização tanto pelo custeio por absorção, como com o custeio variável. Ratificando tal assertiva, Karplan (2000) apresenta o custo padrão, como metas eficientes e atingíveis estabelecidas antecipadamente para os custos das atividades que devem ser consumidas por produto.

Diante dos conceitos, há unanimidade em reconhecer o custo padrão como uma medida de eficiência, pois quando colocado em comparação com os custos reais, ele fornece oportunidade de controle e avaliação de desempenho no sentido de buscar o custo esperado, através das análises das variações identificadas. Tal discrepância do objetivo do custeio são os desvio resultante dessa comparação, que após sua identificação deve ser investigado e as medidas corretivas acionadas, bem como acompanhadas até que os seus efeitos sejam plenamente alcançados.

Outra grande finalidade do custo padrão é o controle dos custos, tendo como objetivo o de fixar uma base de comparação entre o que ocorreu de custo e o que deveria ter ocorrido. O custo padrão não elimina o custo real, nem diminui sua importância, aliás, a implantação do padrão só pode ser bem-sucedida onde já exista um bom sistema de custo real. Uma outra grande finalidade do custo padrão, decorrente da adoção de qualquer base de comparação fixada para efeito de controle, é o efeito psicológico sobre o pessoal, que pode ser positivo ou negativo.

Quanto ao aspecto positivo, se o padrão for fixado considerando-se metas difíceis, mas não impossíveis de serem alcançadas, acabará por funcionar como alvo e desafio de todo pessoal. Com mais ênfase ainda, se tiver sido firmado com a participação dos responsáveis pela produção, haverá uma preocupação por parte dos altos administradores em analisar as comparações e eliminação das divergências.

Quanto ao aspecto negativo, se o padrão for fixado com base num conceito ideal, cada funcionário já saberá de antemão que o valor é inatingível, que todo e qualquer esforço jamais culminará na satisfação máxima de objetivo alcançado, e poderá haver a criação de um espírito psicológico individual e coletivo amplamente desfavorável. Há uma tendência dos

administradores se acostumaram aos relatórios (considerará utópico para a realidade) e não se preocuparem com as informações nele contidas.

O sucesso do custo padrão irá depender do grau de seriedade que a empresa der à localização e redução das diferenças encontradas entre o padrão e o real, por ocasião de suas comparações. O alto escalão e níveis inferiores da empresa deverão estar conscientes de que essas diferenças encontradas serão reduzidas e/ou eliminadas, pois, de pouca ou nenhuma utilidade terá as informações dos relatórios, se estas não tiverem as soluções adequadas. O controle culmina com as medidas de correção, com os relatórios das divergências e assim sendo perdida a grande função de controle, desaparece a razão de ser do custo padrão. Outra importante utilidade decorrente do custo padrão diz respeito à obrigação que cria na empresa para o registro e controle não só dos valores monetários de custos, mas também das quantidades físicas de fatores de produção utilizados.

O custo padrão é comparado a um sistema de custo real eficaz. Para tal há a necessidade de assegurar as condições para se efetuar as relações entre o custo padrão e a gestão estratégica de custos. A abordagem apresentada por Shank e Goyindarajan (1995) oferece os elementos básicos e adequados para os objetivos deste documento, quando trata o processo evolutivo da contabilidade gerencial para a gestão estratégica de custos, ao citar que esta última é um processo de registrar, estruturar e projetar informações para o processo decisório dos gestores da empresa, que lhes permitam planejar (decisões e ações) em três âmbitos: para a análise da cadeia de valor; análise do posicionamento estratégico e, análise dos direcionadores de custos.

Leone (1997) cita várias nomenclaturas para o custo padrão. Tais modalidades são determinadas cientificamente, através de previsão ou até mesmo de pesquisas de avaliação do rendimento da produção. De acordo com ele, o custo padrão ideal é determinado da forma mais científica possível pelo setor de engenharia de produção, supondo condições ideais de qualidade dos materiais, eficiência de mão de obra, e considerando o mínimo de desperdício. Deve ser estabelecido como meta de longo prazo.

Já o custo padrão estimado é estabelecido mediante projeção, a partir de uma média dos custos observados no passado, sem qualquer preocupação de se avaliar se ocorreram ineficiências na produção. E o custo padrão corrente decorre de estudos com fins de avaliar a eficiência da produção. As deficiências existentes que não podem ser sanadas pela empresa são relevantes, configurando objetivo de curto e médio prazo. (LEONE, 1997).

Segundo Iudicibus e Marion (1998), há quatro tipos de padrões. São eles: o básico, o de eficiência máxima, o atingível normalmente e, o esperado. Deve-se, na verdade, baseá-los na situação que estiver sendo avaliada. Para eficiência máxima consideram-se “padrões perfeitos”. Adotam as condições ideais. Entretanto, na realidade podem ocorrer algumas ineficiências. O atingível normalmente é baseado em atividade eficiente. São metas realizáveis, porém difíceis de alcançar. Situações dentro da normalidade, como por exemplo, defeitos previstos nos equipamentos são considerados no cálculo dos padrões atingíveis. Já para o esperado, explicitamente o padrão esperado é aquele previsto. Nele, os números são esperados, devendo ser o mais próximo possível dos números reais. Segundo Iudicibus e Marion (1998), um dos maiores serviços do sistema de custo padrão é a revelação das variações entre as operações planejadas e realizadas.

Percebe-se que as variações ocorridas entre o custo padrão e o custo real são indicadores úteis para se verificar a necessidade de inserir ajustes no sistema produtivo, podendo resultar em programas voltados para aperfeiçoamento dos métodos, melhorar a seleção de mão de obra e materiais, programas de treinamento, melhoria na qualidade dos produtos ou aprimoramentos tecnológicos. Compreende-se como variação, qualquer afastamento de uma variável em relação a um parâmetro pré-estabelecido, e dessa maneira já se fica implícito de que será necessário haver uma base quantitativa para se mensurar o evento (custo-padrão), a fim de permitir uma análise qualitativa dos desvios a partir da variação, requerendo assim a utilização de modelos matemáticos e estatísticos para o estudo do significado das variações e seus efeitos no resultado desejado. Para Leone (1997), as variações se verificam normalmente em qualquer organização, dado a dinamicidade da economia e das muitas variáveis que circundam a vida de qualquer empresa. A capacidade administrativa de um gerente pode ser medida através das variações que seu departamento incorre num determinado período. Este se defronta com problemas de todos os níveis e setores do organismo empresarial.

Fixado o padrão e posto em prática, sua composição final abrangerá matéria prima, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação, cuja realização trará desvios em quatro significativos aspectos: variações de preços, variações de quantidades, variação mista e variação por mudança técnica. Variações de preços compreendem quaisquer desvios entre o preço estabelecido e o preço realizado. O mercado é o responsável por tais variações e o critério de reduzi-las ao mínimo é através de estudo econômico baseado no conceito de preço de mercado na forma em que se encontra a indústria em questão (monopólio, oligopólio,

concorrência). Deve-se eliminar o efeito da inflação embutida no preço. A variação de quantidade é a relação entre a quantidade de insumo estabelecida para a produção analisada e a efetivamente incorrida. São variações de natureza técnica, e a melhor forma de controle é a realizada concomitante ao processo de fabricação, e sua eliminação é relativamente fácil, salvo casos de matérias-primas de baixa qualidade ou mão de obra não qualificada. Na variação mista ocorre o efeito das variações de preço na variação de quantidades e seu isolamento deve ser realizado, dada sua importância nas análises. Sua eliminação depende das medidas tomadas quanto às variações de preço e eficiência. E por conseguinte, a variação por mudança técnica só deve existir quando a ocorrência for transitória, pois em caso contrário seria necessária à fixação de novos padrões. É um instrumento que permite se verificar os resultados de algumas experiências geradas no processo produtivo por técnicas inovadoras ou em casos de escassez de um determinado insumo sem alteração básica no produto. É tipicamente o caso de substituição de uma qualidade de matéria-prima por outra (LEONE, 1997).

A análise das variações exerce um papel de grande importância na avaliação do desempenho, no tocante aos atributos de eficiência e eficácia. Apuradas tais variações é fundamental que se identifiquem as respectivas causas e se adotem as providências corretivas, para garantir que a empresa alcance o nível de eficácia desejado.

A Tabela 2.12 apresenta como as variações de matérias-primas - por exemplo - podem ocorrer em virtude dos seguintes motivos:

Tabela 13 – Variações da Matéria-Prima

Motivos para a ocorrência de variações das matérias primas	Áreas responsáveis
Mudanças nas especificações dos produtos, quanto a utilização e quantidade - (estrutura de produtos);	Engenharia de processo;
Compras de matérias primas de qualidade inferior, ocasionando maior consumo, como também maiores perdas no processo produtivo;	Suprimentos e/ou Controle da qualidade;
Compras com preço maior em relação ao padrão;	Suprimentos;
Aumento no nível de perdas pela ineficiência da mão de obra direta;	Produção - (por centro de custos);
Tabela 2.14 – Variações da Matéria-Prima	(Continuação)
Aumento no nível de perdas pela utilização de mão de obra mal treinada;	Produção - (por centro de custos);
Aumento no nível de perdas pela utilização de mão de obra mal remunerada;	Diretoria;

Tabela 15 – Variações da Matéria-Prima (continuação)

Motivos para a ocorrência de variações das matérias primas	Áreas responsáveis
Aumento no nível de perdas pela utilização de equipamentos obsoletos;	Diretoria;
Descuido do operador, quando da utilização indevida das ferramentas, acarretando perdas e excesso de tempo;	Operador (por centro de custos);
Aumento no nível de consumo, pela utilização de manutenção mal feitas;	Manutenção.

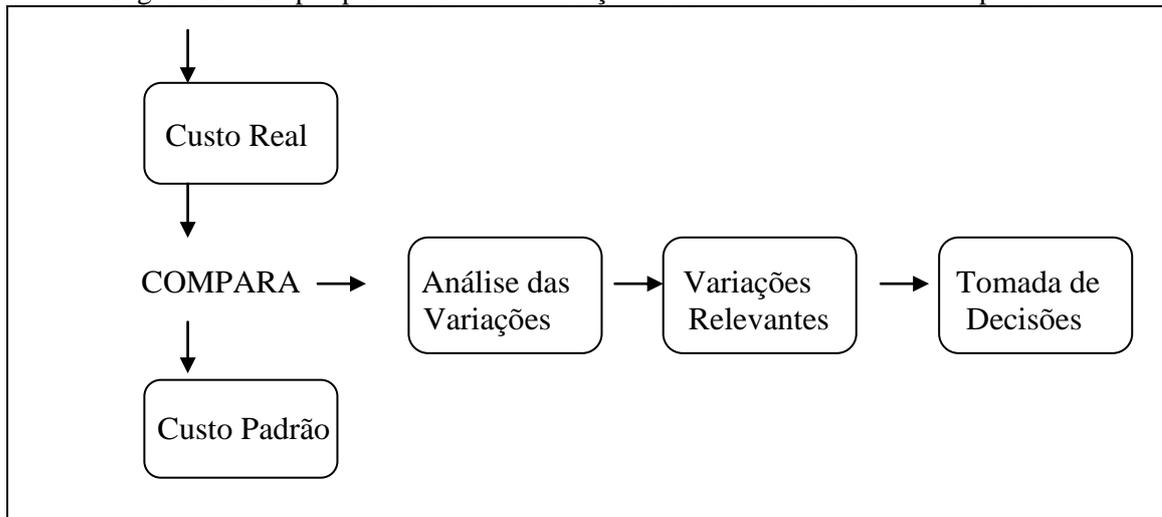
Fonte: Perez Jr. et al., (1999)

Perez, Oliveira e Costa (1999) afirmam para que a meta de custo padrão seja alcançada é necessário conhecer e analisar as variações entre os valores e medidas padrões com o real, identificando suas origens e motivos e, como consequência, adotar as providências necessárias para eliminar, ou pelo menos, diminuir os possíveis desvios e ineficiência. Eles afirmam também que a qualidade de um sistema de custo padrão reside fundamentalmente nos seguintes aspectos: na maneira como tais análises são efetuadas; no grau de seriedade e profundidade; na rapidez na emissão dos relatórios conclusivos e nas tomadas de providências para a regularização dos problemas observados e reportados pela área de custos.

No sistema de custo padrão há o envolvimento e o comprometimento de toda a organização, pois na sua elaboração todos os setores participam e discutem seus objetivos, sempre sob a supervisão da área de custos, sendo ela em síntese que determina o modelo de dados que será desenvolvido para o nível mais analítico da informação, sempre relacionados com os pontos de controle necessários ao fluxo dos elementos de custos, mantendo uma visão integrada com os demais sistemas da empresa para permitir consolidar com os demonstrativos gerências e estratégicos.

O custo real é o custo efetivo ocorrido pela empresa num determinado período de produção. Ou seja, É calculado após o encerramento do processo produtivo, com base nos valores efetivamente gastos na produção. As diversas etapas para análise das variações entre o custo padrão e o custo real, estão apresentadas na Figura 11:

Figura 11 – Etapas para análise das variações entre o custo real e o custo-padrão



Fonte: Perez Jr. et al., (1999)

De acordo com Perez, Oliveira e Costa (1999), o custo padrão de materiais deve levar em consideração as vantagens obtidas na determinação da quantidade mais econômica a adquirir; nos métodos de entrega e de armazenamento a custo mais baixo, e nas condições de crédito oferecidas pelos fornecedores. E deve ser elaborado em determinado mês, considerando aspectos de projeções e metas a serem alcançadas dentro de determinado período, seja seis meses ou um ano.

O preço-padrão dos materiais diretos é obtido em condições normais e em boas de negociação de compra. A ele devem ser incorporadas as eventuais despesas que fazem parte do custo unitário dos materiais. O preço-padrão dos materiais e demais insumos industriais deve ser sempre calculado na condição de compra com pagamento a vista. Com isso será possível a adoção de um custo-padrão numa data-base, e sua atualização pela inflação interna da empresa.

O custo padrão de materiais é função da quantidade e do preço-padrão. A fórmula de custo-padrão de materiais é:

Fórmula 25 – Custo padrão de materiais

$$\text{Custo-padrão} = \text{Padrão de quantidade} \times \text{Padrão de preço}$$

Fonte: Martins, 2008

Os materiais necessários, com suas respectivas quantidades, para produzir determinado produto, são evidenciados pela estrutura do produto. Normalmente esses dados são originados pela engenharia de desenvolvimento de produtos, quando da elaboração do projeto original, mais suas atualizações. Muitos produtos, principalmente os que são fabricados por processo contínuo utilizando matéria-prima a granel, têm certo grau de perda

ou refugo, que, dentro de condições técnicas ou científicas, devem ser incorporados ao padrão de quantidade.

Normalmente o custo padrão da mão de obra direta é determinada pela quantidade de horas necessárias de pessoal, ou da quantidade de funcionários diretos, em todas as fases do processo de fabricação do produto. A base para a construção dos padrões de mão de obra direta é então o processo de fabricação. Todas as atividades e processos utilizados para fabricar o produto exigem operários para manuseio dos materiais ou dos equipamentos durante os processos.

As estimativas ou padrões de necessidade na mão de obra direta podem ser calculados de forma científica quando se trabalha em ambientes de alta tecnologia de produção, isto é, gerenciados por computadores. Em outras situações, podem-se fazer estudos de tempo métodos e movimentos, mediante operações simulatórias antecedentes em ambientes reais. Em todos os casos deve haver um estudo para quebras, refugos, retrabalhos, manutenção e necessidades do pessoal.

Tabela 16 – Padrões de quantidade e preço

Padrão de quantidade	
Quilos de material A por unidade de produto	1,10
Estimativa de perda no processo	0,04
Estimativa de refugos	<u>0,01</u>
Quantidade-padrão por unidade de produto	1,15
Padrão de Preço <sup>1</sup>	
Preço de compra sem impostos recuperáveis	\$ 20,70
(-) Custo financeiro de pagamento a prazo	<u>(2,70)</u>
Preço de compra à vista	18,00
Frete e despesas de recebimento	<u>2,00</u>
Preço-padrão do Material A	\$ 20,00
Custo-padrão = Padrão de quantidade x Padrão de Preço	
Custo-padrão = 1,15 x 20	
Custo-padrão = 23	

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Martins (2008)

Para a valorização dos custos de mão de obra direta, a base deve incluir toda a remuneração dos trabalhadores mais os encargos sociais de carácter genérico. De modo geral, utiliza-se o critério de custo médio horário dos salários de cada departamento de produção ou da célula/atividade de processo por onde passa o produto, através dos centros de custos ou centros de acumulação por atividades.

Os custos indiretos variáveis são padronizados normalmente através da construção de taxas pré-determinadas em relação a uma medida de atividade escolhida. Sempre que possível deve-se evitar o uso de taxas baseadas em valores, uma vez que isso impede a correta mensuração das variações de quantidade que ocorrerão, bem como o padrão fica sujeito a eventuais problemas de variação nos preços.

A atividade a ser escolhida como base para a construção das taxas pré-determinadas de custos indiretos variáveis deve ter uma relação causal com os diversos custos indiretos variáveis. Também a base de atividade escolhida deve ser simples de entendimento, para posterior atribuição de responsabilidades.

Tabela 17 – Padrões de quantidade e valor

<u>Padrão de quantidade</u>	
Horas necessárias de mão de obra para a montagem completa de uma unidade do produto final	50,00
Paradas para manutenção e necessidades pessoais	7,00
Horas estimadas de retrabalho de qualidade	<u>3,00</u>
Horas-padrão por unidade de produto	60,00
<u>Padrão de valor<sup>2</sup></u>	
Salário horário médio do setor de montagem	\$ 2,20
Encargos sociais legais	1,32
Benefícios espontâneos	<u>0,29</u>
Custo horário de mão de obra direta	\$ 3,81
Custo-padrão = Padrão de quantidade x Padrão de Valor	
Custo-padrão = 60 x 3,81	
Custo-padrão = 228,60	

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Martins, 2008

As bases de atividades para elaboração das taxas pré-determinadas de custos indiretos variáveis são horas de máquinas trabalhadas, quantidade de produto final, horas de mão de obra direta, a depender do gasto e melhor relação que existe entre os custos variáveis e as atividades envolvidas.

Pode-se fazer uso das horas de máquinas como os principais fatores, ou utilizar uma relação direta com o produto final. Gastos com lubrificantes e materiais indiretos normalmente têm relação com a quantidade de horas máquina-trabalhada, e assim sucessivamente.

Tabela 18 – Padrão de custos indiretos variáveis

<b><u>Padrão de custos indiretos variáveis</u></b>	
Custos indiretos variáveis estimados para o período	\$ 275.000,00
Horas diretas previstas	453.600,00
Custo variável por hora direta	\$ 0,60
Horas necessárias para uma unidade de produto final	60
Custos indiretos variáveis por unidade	\$ 36,00

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Martins, 2008

As vantagens e desvantagens do custo padrão são muitas, mas para uma boa administração dos custos, prevalecem as vantagens.

Sendo a matéria-prima comum, em situações cujas empresas fabricam em série centenas de artigos diferentes, o método de custeamento padrão é quase que o único apropriado. Nesse caso, a apuração do custo real precederá do controle de identificação da matéria-prima utilizada em cada produto, como também levantamentos dos tempos de fabricação por centro de custo, por produto, que consiste em uma tarefa difícil.

Analisando por outra vertente, o sistema padrão atribui linearmente as variações a todos os produtos, quando a apropriação é em base percentual. Sendo assim, todos os produtos, sem distinções, sofrem uma carga percentual das variações, uma vez que o custo padrão não permite identificar aqueles fabricados com deficiências de aproveitamento de materiais, e ineficiência de mão de obra sem um esforço muito grande.

Quanto aos custos indiretos de fabricação, uma grande vantagem é a possibilidade de comparação entre as despesas por natureza contadas na preparação do custo padrão e aquelas que de fato ocorreram no período. Contudo, sendo o custo padrão correspondente, de fato, a um custo normal, é possível extrair uma variação entre o custo padrão – considerado normal – e o custo real, o que consiste em uma grande vantagem deste sistema de custeamento, devido ser permissível a análise para a tomada de decisões.

Partindo das principais vantagens e desvantagens do sistema de custo padrão Marquesine (2006) estabeleceu a seguinte comparação presente na Tabela 16:

Tabela 19 – Comparativo dos principais pontos fortes e fracos do custo padrão

<b>Pontos Fortes x Pontos Fracos</b>	
<b>Pontos Fortes</b>	<b>Pontos fracos</b>
Instrumento de auxílio à tomada de decisões, oferecendo apoio às decisões quanto a preço de venda e políticas de produção.	Imputa linearmente as variações de todos os produtos, quando a apropriação é feita em base percentual.
Ferramenta de planejamento dos padrões de tempo, mão de obra e quantidades, utilizando-os como instrumentos para programação das atividades da produção.	Uma variância não é exequível no nível operacional. Dificuldade em identificar a causa que provocou a variância desfavorável.
Ferramenta de controle dos padrões, constituindo elementos para medida e avaliação de desempenho.	Os números podem ser resumidos em um nível tão agregado que torna difícil alocar as responsabilidades às variações.
Contexto de eficiência e eficácia, no qual os custos padrão oferecem grandes facilidades para o trabalho de avaliação de estoques.	Perigo de se maximizar uma variância favorável isolada as atividades contraproducentes no nível da empresa.
Exigência de análise das causas dos desvios e ação para evitar a repetição das mesmas.	Se os padrões não forem cuidadosamente fixados, têm o efeito de estabelecer norma, ao invés de motivar a melhoria.

Fonte: Marquesini, 2006

É imprescindível salientar que para controlar os custos é necessário que as variações sejam analisadas como uma medida, e não somente conhecer a variação do custo incorrido e o que ele deveria ser. O contador deve, em conjunto com o pessoal da operação e da administração, definir o que são grandes e pequenas variações, entendendo, todavia, a contextualização de cada caso.

## 2.9 JAVA

Java é uma linguagem de programação e uma plataforma computacional que permite o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, como celulares, passando por aplicações de desktop de discos *blue-ray*. A linguagem foi a primeira a utilizar decodificadores de televisões interagindo com dispositivos portáteis e outros produtos eletrônicos de consumo, possuindo portabilidade para qualquer ambiente *web* dinâmico.

Horstmann e Cornell (2003) traçaram o perfil histórico do *Java*. Esta tecnologia surgiu de uma pesquisa corporativa interna, financiada pela Sun Microsystems, em 1991, liderado por James Gosling, considerado o pai do Java. Inicialmente queria criar um interpretador para pequenos dispositivos, facilitando a reescrita de software para aparelhos eletrônicos, mas com o advento da web, a Sun percebeu que poderia utilizar a ideia para rodar pequenas aplicações dentro do browser. A tecnologia *Java* tinha sido projetada, inicialmente, para se mover por meio das redes de dispositivos heterogêneos e redes como a Internet. As aplicações poderiam ser executadas dentro dos *browsers* nos *Applets Java* e tudo seria disponibilizado

instantaneamente pela *Internet*. Foi o estático *HTML* dos *browsers* que promoveu a rápida disseminação da dinâmica tecnologia *Java*.

Desde seu lançamento, a plataforma *Java* foi adotada mais rapidamente do que qualquer outra linguagem de programação na história da computação. Em 2003, a plataforma atingiu a marca de 4 milhões de desenvolvedores em todo mundo. Continuou crescendo e hoje é uma referência no mercado de desenvolvimento de software. Está presente em milhões de computadores pessoais, bilhões de celulares e cartões inteligentes, além de webcams, sistemas de navegação de automóveis, dispositivos médicos, entre outros. Porém, existem diferentes pontos de vista no que se refere à qualidade e confiança no desenvolvimento e na aplicação da linguagem *Java*. Se por um lado para muitos pesquisadores e usuários esta linguagem é a melhor de todas, mais confiável e mais versátil, para outros existem muitas desvantagens a serem apontadas e debatidas.

### 2.9.1 Características da linguagem *JAVA*

Com *Java* pode-se programar em qualquer plataforma: Uma das grandes vantagens é que ela além de ser uma linguagem é uma plataforma de desenvolvimento. Outra vantagem é o grande número de usuários *Java*, eles são muito fortes em todo o mundo e graças a isto é possível obter material para estudos de maneira fácil, participar de encontros regionais, palestras e até minicursos. Nestas comunidades também é possível trocar experiência com pessoas que já atuam na área há mais tempo.

O grande número de *frameworks* existe graças ao investimento das comunidades e também de algumas empresas. Além disto, existe uma variedade de *frameworks* que visa facilitar o trabalho do desenvolvedor.

O *Java* não roda somente a linguagem de programação *Java*: A máquina virtual *Java* atualmente roda cerca de 350 linguagens com pontos interessantes, por exemplo, o *Groovy* linguagem dinâmica, *Scala* que é específica para concorrência dentre outras linguagens como *JPython*, *Python*, *Jruby* e o *Ruby*.

Quando se compila um arquivo em *Java* ele gera um *bytecode* que é interpretado numa JVM. Bastando que o seu sistema operacional tenha uma JVM, é possível executar o *Java* nos sistemas operacionais *Windows*, *GNU/Linux* e *Mac*. Suas principais *IDES*, pode-se citar o *Eclipse* e o *Netbeans*, rodam em *Java*, ou seja, se pode programar em qualquer sistema operacional para qualquer sistema operacional.

A linguagem é orientada a objetos, pois é um paradigma atual mais utilizado na construção de *softwares*. Dentre suas vantagens, pode-se citar reaproveitamento de código e aumento da manutenção dos sistemas assim desenvolvidos. Além disto ela é Simples e robusta, visto que é em muitos aspectos um aperfeiçoamento da linguagem C++. Possui certas características que permitem a criação de programas de forma mais rápida, pois tiram do programador a possibilidade de cometer erros que são comuns de ocorrer em C++. Algumas dessas características são o tratamento obrigatório de exceções e o gerenciamento automático de memória.

A plataforma tem um gerenciamento automático de memória, pois não existe ponteiros. Isto é, não é permitido ao programador acessar explicitamente uma posição de memória. *Java* automaticamente gerencia o processo de alocação e liberação de memória, ficando o programador livre desta atividade. O mecanismo responsável pela liberação de memória que não está mais sendo utilizada é conhecido como *Garbage Collector*.

Um dos elementos chave da linguagem *Java* é a independência de plataforma. Um programa *Java* escrito em uma plataforma pode ser utilizado em uma outra. Este aspecto da linguagem é geralmente referenciado como “*write once, run anywhere*”. Isto é conseguido através da utilização da *Java Virtual Machine (JVM)*, roda numa plataforma específica e interpreta um programa *Java* para código de máquina específico da plataforma em questão. Como os programas em *Java* executam sob o controle da *JVM*, eles podem rodar em qualquer plataforma que possua uma *JVM* disponível.

Outra vantagem a ser citada é que um programa *Java* pode conter múltiplas *threads* para realizar várias tarefas em paralelo.

## 2.9.2 Plataformas JAVA

O *Java* é hoje a linguagem mais utilizada em todo o mundo. Isto acontece porque não é somente uma linguagem, mas também uma plataforma de desenvolvimento:

*JSE: Java Standard Edition* é a versão básica do *Java* na qual é possível desenvolver diversos aplicativos para *desktop*. Normalmente aqueles que querem se aprofundar nessa tecnologia começam por essa plataforma. Existem pacotes para se desenvolver programas em console ou, por exemplo, *Swing* que se pode desenvolver software com interface gráfica.

*JME: Java Micro Edition* é a plataforma voltada para o desenvolvimento de embarcados e dispositivos móveis. Atualmente é muito popular entre os celulares. Ela foi

dividida em duas frentes: Para os dispositivos com poder computacional limitado e dispositivos com um poder computacional um pouco maior.

*Java TV*: Dentro da plataforma JME, o Java TV traz uma inovação que permite o desenvolvimento para a televisão digital, com recursos como fluxo de áudio e vídeo, acesso aos dados nos canais de transmissão, sincronia das mídias. Esta tecnologia veio a ser amplamente estudada e desenvolvida após a definição do padrão de televisão digital brasileira.

*Java FX*: Essa plataforma visa a criação da Internet rica, aplicações *web* com características de um programa tradicional de um *desktop*, em diversos dispositivos (*desktop*, *browser*, telefone celulares, TVs, *videogames*, *Blu-ray player* etc.).

*JEE: Java Enterprise Edition* é uma versão voltada para as empresas e para aplicativos web. Uma grande característica dessa plataforma é a necessidade de um servidor de aplicação. Recentemente recebeu a atualização para a versão 6. Dentre os *frameworks* dessa plataforma pode-se citar: *JSP (Java Server Pages)*: De uma maneira geral ele executa *Java* em sua página; *JPA (Java Persistence API)* funciona como um padrão de maior referência de persistência. Com ele se pode modificar de *framework* de persistência (*hibernate*, *toplink* etc) com impacto zero em sua aplicação e, *JSF (Java Server Faces)* é um *Framework* responsável pela camada de visão muito indicado para programas que utilizarão o padrão *MVC (Model View Control)*. Uma de suas características é o uso do *AJAX* de maneira nativa.

*Java Card*: Programação voltada para o desenvolvimento de cartões inteligentes. Um dos seus principais benefícios é a portabilidade e a segurança. Esses dispositivos vêm crescendo nos últimos anos e tendem a crescer ainda mais.

O conhecimento das diferentes formas de operação de cada ferramenta e o correto planejamento da estratégia de busca são fundamentais para a recuperação das informações que se deseja. E para atender a necessidade do usuário de forma rápida e segura, os motores de busca na *web* tentam cada vez mais desenvolver ferramentas que sejam de fácil uso, como o *Java*, a fim de facilitar cada vez mais a busca.

### 3 METODOLOGIA

A respeito da construção de uma pesquisa científica, há que se observar que em cada caso precisa-se decidir que método ou combinação de métodos será mais adequado. Assim, tendo em vista a natureza do problema da pesquisa a ser investigado, os objetivos a serem alcançados e o objeto a ser estudado, elaborou-se um caminho a ser percorrido que melhor favoreça à pesquisa.

#### 3.1 Tipo e natureza de pesquisa

Esta é uma pesquisa teórica, descritiva e aplicada. Porque foram trabalhados os itens propostos a partir da fundamentação teórica porque objetivou descrever as características de determinada situação, buscando um entendimento do fenômeno como um todo, na sua complexidade e, aplicada porque os experimentos foram realizados nos Estaleiros “A” e “B”, ambos localizados no Complexo Portuário Industrial de SUAPE/ PE.

Segundo La Ville e Dionne (1999), na pesquisa aplicada o pesquisador é levado a uma intervenção na vida real, a fim de melhor compreender as interações dos diversos fatores dos objetos de seus estudos. Além de compreender, o pesquisador fornece subsídios para uma prática de vivência social. Na pesquisa em questão, oferece subsídios para práticas que melhoram, otimizam e diminuem custos empresariais.

É uma pesquisa descritiva por se tratar de comparativos entre estudo de casos. Desta forma as ações e atitudes da empresa em análise são investigadas e descritas com relação ao problema da pesquisa, observando, registrando, analisando e correlacionando fatos ou fenômenos (variáveis) sem procurar modificá-los, a fim de alcançar os objetivos pretendidos. (CERVO e BERVIAN, 1996).

A vantagem mais marcante do estudo de caso é a possibilidade do pesquisador poder aprofundar-se em seus estudos, pois os recursos estão concentrados no caso visado, sem estar submetido às restrições ligadas à comparação com outros casos. Pelo fato de não haver o condicionamento a um protocolo de pesquisa, permanecendo o mais imutável possível, pode-se dar asas à criatividade e à imaginação, adaptando instrumentos, modificando abordagem a fim de explorar elementos imprevistos e precisar alguns detalhes, com o objetivo de se ter uma melhor compreensão do caso estudado, podendo até, se possível, reexaminar alguns aspectos da teoria que sustenta a investigação (LA VILLE e DIONNE, 1999).

### 3.2 VARIÁVEIS DE INVESTIGAÇÃO DA PESQUISA

As variáveis utilizadas na investigação dos processos de soldagem foram: a vazão do gás em (l/min); o valor de compra em (R\$) do gás; a corrente elétrica medida em (A); o valor de compra do Kw/h; o peso do eletrodo tubular antes do início do processo de soldagem; o peso do eletrodo tubular após o final do processo de soldagem; o valor de compra do eletrodo tubular; a quantidade em (m) de *back* cerâmico; o valor de compra em (m) do *back* cerâmico; o tempo de arco aberto durante o processo de soldagem; o tempo de limpeza durante o processo de soldagem; o tempo de esfriamento do cordão de solda durante o processo de soldagem; o tempo não produtivo durante o processo de soldagem e o valor em (RS) da hora/homem, incluindo os encargos sociais do soldador.

Todos os tempos operacionais dos processos observados e descritos foram cronometrados em centésimos de segundos.

### 3.3 METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA VARIÁVEIS DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

A literatura existente sobre custos está voltada para o enfoque contábil, com um esforço direcionado na apuração dos custos globais da empresa visando atender inclusive aos preceitos legais. A metodologia apresentada nesta pesquisa foi desenvolvida apenas na identificação, mensuração e determinação dos custos diretos dos processos de soldagem com *FCAW-G*, em metais *ASTM AH-36*, na indústria naval, a fim de auxiliar na determinação do custo padrão, e na análise no planejamento, no gerenciamento e na elaboração de orçamentos para a livre concorrência.

Foi considerada nessa metodologia apenas a apuração dos custos das operações para a determinação do custo operacional para a operação de soldagem propriamente dita, ou seja, o custo dos seguintes consumíveis: metal depositado, gás de proteção quando necessário, energia elétrica, *back*-cerâmico, mão de obra do soldador e seus respectivos encargos sociais. Não foram considerados itens como: pré ou pós-aquecimento, calibragens, ensaios não-destrutivos, dentre outros que, embora relacionados às operações de soldagem, devem ser calculados separadamente devido às suas peculiaridades.

Para a determinação e mensuração do custo primário ideal, esta pesquisa assume que os experimentos foram realizados em corpos de prova com dimensões de 05,0m x 0,30m, nos

tipos de aços e espessuras mais utilizados no momento na industrial naval, nos estaleiros do Estado de Pernambuco.

A metodologia consistiu em acompanhar e anotar cuidadosamente todos os itens técnicos de controle (parâmetros de soldagem) que exercem a influências nas variáveis de consumo que determinam os custos dos consumíveis, e medir cuidadosamente as variáveis de consumo que ocorreram durante o processo de produção de soldagem.

Os itens técnicos de controle considerados imprescindíveis são: a geometria do chanfro; a posição de soldagem; a corrente (A); a tensão (V); a vazão do gás de proteção (l/Min); a quantidade de passes. Os itens de controle foram determinados pela empresa em estudo antes mesmo da confecção do corpo de prova.

As variáveis de consumo consideradas imprescindíveis para acompanhamento e anotações durante o processo de soldagem são: o tempo de arco aberto; os demais tempos operacionais; o consumo em kg do tipo de eletrodo ou arame tubular, quando for o caso; a vazão do gás de proteção, e o *back*-cerâmico.

Com o levantamento dos itens de controle e das variáveis de consumo, consegue-se determinar as variáveis necessárias para a mensuração e determinação dos custos de soldagem.

### **3.3.1 Método de medição**

Para cada tipo de variável foi desenvolvida e aplicada uma forma de medição que garantisse com exatidão o valor dos consumos, para a realização dos cálculos dos custos dos processos de soldagem nos diferentes ambientes de ambos os estaleiros:

#### **•Medição do tempo de arco aberto e dos demais tempos operacionais**

Para a medição deste tempo foi sendo utilizado um instrumento eletrônico de medição específico conhecido como *Welding Timer Control (WTC)*. Ele é conectado ao cabo do eletrodo, e quando o arco é aberto no momento da soldagem o instrumento começa a medir o tempo de arco aberto, em centésimos de segundos, e concomitantemente medidos também através de cronometragens em centésimos de segundos. Os demais tempos operacionais que ocorreram durante o acompanhamento dos experimentos dos processos de soldagem, foram também cronometrados em centésimos de segundos. Esses tempos foram: tempo operacional de limpeza da solda; tempo operacional de espera para resfriamento da solda; tempo não produtivo (perda).

**•Medição do consumo em kg do arame tubular**

Este consumo foi medido através de uma balança digital com capacidade de 30 kg, com precisão de duas casas decimais. O rolo de eletrodo foi pesado antes e depois da conclusão do processo de soldagem de cada experimento. O kg da diferença entre as medidas, foi considerado o consumo de arame tubular. Esta metodologia foi utilizada por ser simples, prática, e confiável, e oferecer também as mesmas condições de medição em qualquer ambiente de trabalho, sendo aplicada inclusive no chão de fábrica, no momento do acompanhamento dos processos de produção de soldagem em larga escala, para a verificação e mensuração do custo real.

**•Medição do gás de proteção**

A quantidade de litros de gás foi medida pelo fluxômetro acoplado na saída do cilindro de gás de proteção, com o consumo em l/min. O fluxômetro foi calibrado pelo setor de qualidade da empresa, que mantém a política de calibrar todos os seus instrumentos de medição, e foi regulado, conforme as EPS's exigida para cada experimento.

Como o gás é comprado em kg, deve-se transformar a medida que foi obtida para a comercialização. Ressalta-se que a temperatura comercial padrão é de 21°C. Como a pressão não muda significativamente, neste caso o único efeito significativo é o da temperatura. Logo, o volume comercial é dado por:  $V_{com} = V(273+21/273+t)$ . Onde "t" é a temperatura do gás na hora da coleta de informações. Assim, para uma temperatura de 35°C, há uma relação de:  $V_{com} = V 0,954$ . A relação entre massa e volume para o CO<sub>2</sub>, a temperatura de comercialização é de 1kg, equivale a 544L de CO<sub>2</sub>. Logo a relação final fica:  $M_{com} (CO_2) = V 1,754 10^{-3}$ .

**•Medição da quantidade de *back*-cerâmico**

O *back*-cerâmico é um consumível apenas utilizado nas posições 1G e 2G, e foi medido em metro linear, ou seja, na dimensão do metro linear que a solda foi realizada nos processos de soldagens investigados.

**•Medição do consumo de kWh**

A medição deste consumo foi realizada da seguinte forma: anotou-se o valor da tensão e da corrente no momento que ocorreu em cada experimento durante o processo de soldagem. Multiplicando-se o valor da corrente pelo valor da tensão, encontrou-se o

valor da potência em kW. Multiplicando-se o kW pelo tempo de arco aberto, encontrou-se o consumo de kWh, que multiplicado pelo valor do kWh pago pela empresa, encontrou-se o custo de consumo da energia elétrica.

Observa-se que as metodologias para as medições das variáveis investigadas apresentadas são de fácil realização e aplicação, de baixo custo, garante a qualidade e confiabilidade das informações, de baixo custo, e muito fácil de serem reproduzidas na íntegra em qualquer segmento do setor metalomecânico, e em qualquer ambiente de qualquer planta fabril, retratando com exatidão, como esses consumos se comportam em todos os diferentes ambientes industriais.

### 3.4 INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Segundo Yin (1994, p. 78), pode-se obter dados para um estudo de caso através de seis fontes: (1) documentos; (2) arquivos; (3) entrevistas; (4) observação direta; (5) observação participativa; e (6) artefato físico. As várias fontes se completam e um bom estudo de caso deve apresentar as quantidades de fontes que forem possíveis. As fontes primárias, porém, são além das mais importantes, imprescindíveis.

Nesta pesquisa, as coletas de dados de fontes primárias foram realizados através de: (1) documentos; (2) arquivos; (3) observação direta (4) observação participativa e (5) observação sistemática.

Segundo Yin (1994, p. 86), a observação direta é obtida por meio do contato com o objeto de estudo observado pelo pesquisador, a fim de colher ações das pessoas dentro do seu contexto natural. Ela é uma das formas mais eficazes de se observar os acontecimentos e comportamentos dentro do ambiente em estudo e contribui para adicionar informações sobre um tópico já estudado.

Nesta pesquisa a observação direta ocorreu no chão de fábrica dos Estaleiros “A” e “B”, ambos localizados no complexo de Suape.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE ESTUDO

Nos estaleiros: “A” e “B”, o universo de estudo foi resumido à investigação de algumas variáveis nos processos de soldagem com *FCAW-G*, em metais *ASTM AH-36*.

Em ambos os estaleiros “A” e “B” a pesquisa foi realizada nas posições 1G e 2G, com chapas na espessura de 12mm. E, nas posições 2F e 3F, com chapas de 18mm. Estes processos e as suas variáveis de investigação foram escolhidos para serem estudados e

investigados, pelo fato de que, na ocasião da realização dos estudos de caso, eles representam em torno de 40% dos processos de soldagem em ambos os estaleiros. Essa coletada nas fontes primárias dos dois estaleiros.

Pelo fato da pesquisa em ambos os estaleiros ter sido desenvolvida apenas em processos específicos de soldagem, os resultados da pesquisa não devem ser generalizados para todos os seus universos organizacionais. Mesmo atendendo ao princípio da plena reprodutibilidade.

### 3.6 REPRODUTIBILIDADE

Segundo Yin (1994), em um estudo de caso, a lógica da análise da empresa difere da análise utilizada em um processo de amostragem. Nesta pesquisa, no lugar do número de amostra, foi utilizada a denominação de reprodutibilidade, por se entender que os estudos de caso, podem ser reproduzidos em qualquer processo de soldagem na indústria naval, e nos demais setores da indústria metalmeccânica.

A reprodutibilidade é determinada em função da forma como foram mensuradas as variáveis de investigação para a composição do custo padrão durante os estudos de caso realizados nos processos de soldagem com *FCAW-G*, em metais *ASTM AH-36*, estudados e investigados nos estaleiros “A” e “B”.

### 3.7 ORDENAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados da pesquisa foram ordenados e tratados de forma diferenciada. As informações obtidas nas observações dos documentos internos das empresas foram rodadas no programa e analisadas de forma individual e comparativa. Estes dados foram colhidos nos estudo de caso e em função dos acompanhamentos e nas observações realizadas durante as investigações.

### 3.8 TIPO DE ANÁLISE

As análises dos dados foram realizadas pelos relatórios gerenciais onde apresentam gráficos e comentários analíticos que comparam o custo meta e o custo real com o custo padrão, e verifica-se a variação e em valor absoluto (R\$) e em % por metro linear de solda de cada processo de soldagem estudado e investigado em ambos os estaleiros. Estes relatórios gerenciais foram gerados por um programa computacional desenvolvido em *JAVA*, após os inputs das variáveis investigadas.

Os resultados gerados para os processos de soldagem nas posições 1G; 2G foram os seguintes: Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m); Gráfico 02 – Custo real consumíveis (R\$/m); Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m); Gráfico 04 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m); Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m); Gráfico 06 – Custo total de soldagem (R\$/m); Gráfico 07 – Custo total de soldagem (R\$/m); Gráfico 08 – Consumo do arame tubular (km/m); Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m); Gráfico 10 – Consumo do gás (l /m); Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m); Gráfico 12 – Consumo de energia elétrica (Kwh/m); Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m); Gráfico 14 – Consumo de *back* cerâmico (m); Gráfico 15 – Custo de *back* cerâmico (R\$/m); Gráfico 16 – Tempo operacional total (min/m); Gráfico 17 – Tempo operacional padrão (min/m); Gráfico 18 – Tempo operacional meta (min/m); Gráfico 19 – Tempo operacional real (min/m); Gráfico 20 – Taxa de deposição (Kg/hora); Gráfico 21 – Tempo operacional de arco aberto (min/m); Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m); Gráfico 23 – Tempo operacional de limpeza de solda (min/m); Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m); Gráfico 25 – Tempo operacional de espera para resfriamento (min/m); Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m); Gráfico 27 – Tempo não produtivo (perda). (min/m); Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m).

Observa-se que são 28 os gráficos gerados pelo programa *JAVA* que foram desenvolvidos para calcular os custos e gerar os relatórios, onde os engenheiros e gerentes da planta podem analisa-los, para diversas finalidades tais como: a) análise separadamente o consumo de todos os consumíveis do processo de soldagem propriamente dito, verificando o consumo real em relação ao consumo padrão estabelecido e a sua respectiva variação, e tomar as ações para as correções necessárias, tais como: treinamento dos soldadores, melhorias dos postos de trabalho de soldagem, que necessariamente são deferentes para cada tipo de processo de soldagem e as suas respectivas posições. Ao se analisar os postos de trabalho, os responsáveis pela a análise, devem verificar não apenas as questões de melhorias para a redução dos custos, e sim também, as questões de riscos de acidentes de trabalhos.

Os resultados gerados para os processos de soldagem nas posições 2F; 3F foram os mesmos gerados pelos processos de soldagem nas posições 1G; 2G, com exceção de quatro gráficos que não se aplica para essas posições de soldagem: Gráfico 14 – Consumo de *back* cerâmico (m); Gráfico 15 – Custo de *back* cerâmico (R\$/m); Gráfico 25 – Tempo operacional

de espera para resfriamento (min/m); Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m) *back* cerâmico.

### 3.9 MATERIAIS

#### 3.9.1 Metal de Base

Os corpos de prova utilizados para o trabalho experimental foram chapas de aço *ASTM AH-36*, fornecidas pelos estaleiros A e B, com dimensões de 300 mm de largura por 500 mm de comprimento e 12 mm de espessura, bipartidas, com ângulos de bisel conforme EPS's e RQPS's do estaleiro "A" (Anexo 1) e EPS's e RQPS's do "B" (Anexo 2).

As propriedades mecânicas e a composição química do metal de base estão representadas, respectivamente, nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Propriedades mecânicas e a composição química do metal de base, segundo *ASTM A131* (2010).

	<b>Limite de Escoamento (MPa)</b>	<b>Limite de Resistência (MPa)</b>	<b>Alongamento %</b>
ASTM AH-36	355	490 a 620	22%

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 18 – Composição química do metal de base, segundo *ASTM A131* (2010).

Elemento Químico	<i>ASTM AH-36</i>
% C Máx.	0,18
% Mn Max.	0,90 a 1,60
% P Máx.	0,035
% S Máx.	0,035
% Al Max.	0,015

Fonte: Elaborada pelo autor

#### 3.9.2 Consumíveis de soldagem

Os consumíveis de soldagem utilizados no processo *FCAW-G* foram respectivamente, o arame tubular *AWS E71T-1*, de diâmetro 1,2 mm, conforme a norma (FBTS, 2013) e o gás de proteção  $\text{CO}_2$  (99,99%). As propriedades mecânicas e a composição química do metal de adição do arame tubular estão representadas, respectivamente, nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19 - Propriedades mecânicas do metal de adição, (AWS A5.20-07 (FBTS, 2013))

<b>CLASSIFICAÇÃO AWS</b>	<b>LIMITE DE RESISTÊNCIA lb/pol<sup>2</sup> (psi)</b>	<b>À TRAÇÃO MÍNIMO MPa</b>
E71T-1	70.000	480

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 20 apresenta a composição química do metal de adição, segundo a norma AWS/ASME SFA 5. 20-07 (2010).

Tabela 20 – Composição química do metal de adição. AWS/ASME SFA 5. 20-07 (2010).

<b>CLASSIFICAÇÃO AWS</b>	<b>LIMITE DE RESISTÊNCIA lb/pol<sup>2</sup> (psi)</b>	<b>À TRAÇÃO MÍNIMO MPa</b>
E71T-1	70.000	480

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.9.3 Reforço para a junta soldada

Back cerâmico ENIN 26 120 20T, para as posições 1G e 2G.

### 3.9.4 Equipamentos, processos e parâmetros de soldagens.

Os equipamentos usados no processo de soldagem FCAW-G pelos estaleiros foram:

- ✓ Estaleiro “A” foi uma fonte retificadora de solda, que opera segundo a faixa de corrente 50 – 420 A (CC+) e a tensão de circuito aberto de 17-35 V.
- ✓ Estaleiro “A” foi uma fonte retificadora de solda, que opera segundo a faixa de corrente 50 – 420 A (CC+) e a tensão de circuito aberto de 17-35 V.

### 3.9.5 Procedimento de soldagem e parâmetros de soldagem

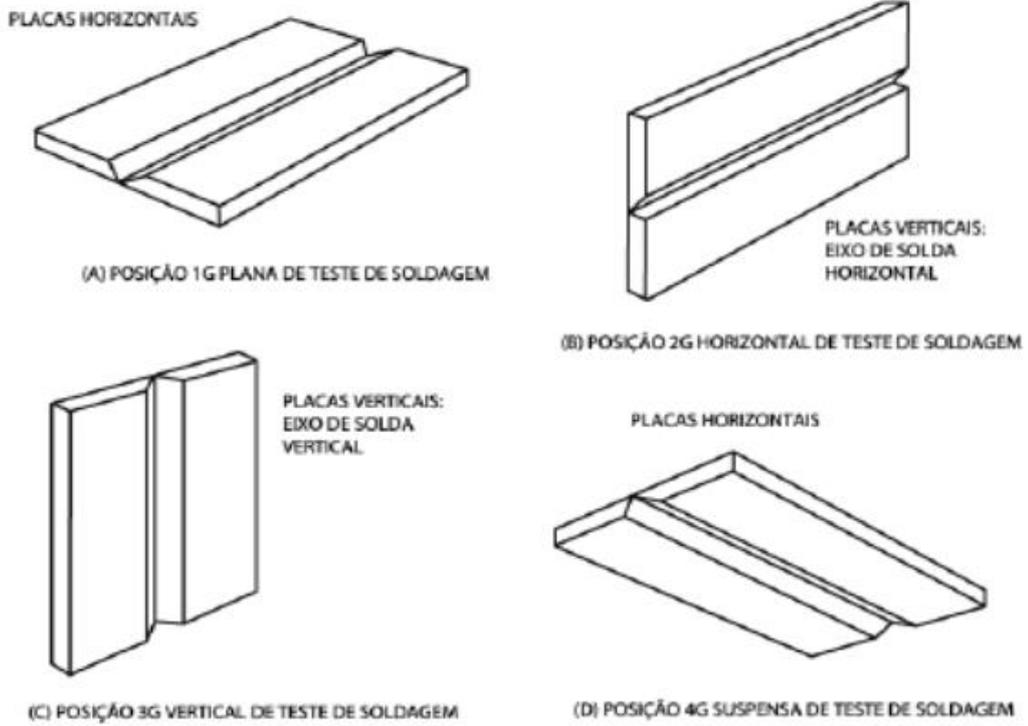
O processo de soldagem *FCAW-G* foi executado nos estaleiros:

A - conforme EPS's e RQPS's do estaleiro “A” (Anexo 1);

B - conforme EPS's e RQPS's do “B”. O Estaleiro “B”, por questões de rigorosas políticas internas da empresa, não disponibilizou as EPS's e RQPS's.

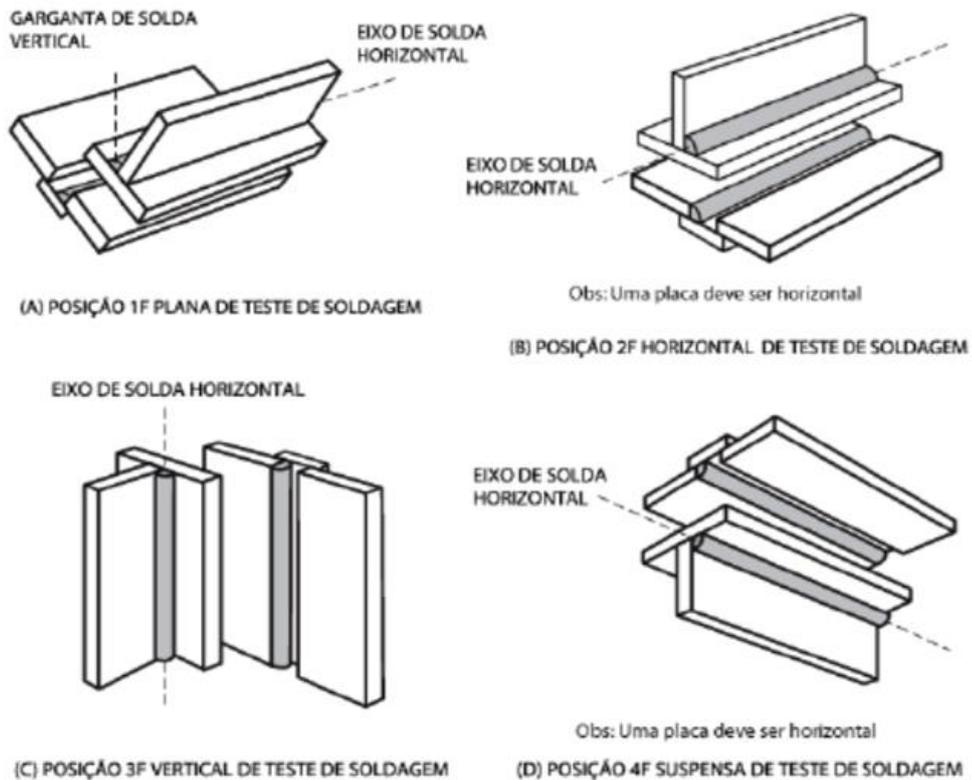
As posições de soldagem da peça a ser soldada e do eixo da solda determinam a posição de soldagem que pode ser plana, horizontal, vertical e sobre-cabeça (MACHADO, 1996, AWS, 2010), A figura 12 apresenta o desenho esquemático das placas de testes nas posições 1G; 2G; 3G e 4G. As figuras 13 apresenta o desenho esquemático nas posições 1F; 2F; 3F e 4F.

Figura 12 – Posições 1G/ 2G/ 3G/ 4G de placas de testes para soldas em chanfro



Fonte: (AWS D1.1./D1.1.M:2010)

Figura 13 – Posições 1F/ 2F/ 3F/ 4F de placas de testes para soldas em chanfro



Fonte: (AWS D1.1./D1.1.M:2010)

### 3.10 Realização dos experimentos no estaleiro “A”

No estaleiro “A”, os experimentos foram realizados no período de abril a setembro de 2015. Todos os experimentos e acompanhamentos foram realizados com chapa de aço *ASTM AH-36*, soldada pelo processo *FCAW-G*, e conforme o método estabelecido previamente, discriminado no tópico 2.6.3 – A metodologia para medição das variáveis dos processos de soldagem, do capítulo 2 desta pesquisa foi.

- 1) Primeiro foi feita uma programação junto ao departamento de produção, para a realização dos experimentos, a fim de determinar os custos de soldagem para o custo padrão corrente, na oficina de treinamento de soldagem, em corpos de prova nas posições 1G e 2G, medindo 300 mm de largura por 500 mm de comprimento e 12 mm de espessura. Em seguida foi feita outra programação junto ao departamento de produção, para a realização dos experimentos para a determinação dos custos de soldagem para o custo padrão corrente, na oficina de treinamento de soldagem, em corpos de prova nas posições 2F e 3F, medindo 300 mm de largura por 500 mm de comprimento e 18 mm de espessura. Foram tomados todos os cuidados necessários para que todas as exigências técnicas de qualidade e fabricação fossem cumpridas, conforme as EPS's. Os experimentos foram acompanhados de perto pelo autor deste trabalho, pelo supervisor da oficina de treinamento de soldagem, e pelo departamento de qualidade, através de um de seus inspetores de solda. Concluídos esses experimentos o estaleiro “A” passou a possuir um referencial de custos que poderia ser exequível, já que esses processos de soldagem foram realizados por um soldador qualificado, indicado pela própria empresa.
- 2) Em seguida foi feita uma programação junto ao departamento de produção, para o acompanhamento da produção, a fim de calcular o custo real no ambiente de chão de fábrica, a fim de que fosse retratado, o máximo possível, as verdadeiras condições de trabalho, e de métodos de produção, nas seguintes posições e suas respectivas metragens e: posição 1G, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 2G, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 2F, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 3F, acompanhamento de 5m de soldagem. Verificou-se nesse momento que, embora todas as exigências técnicas exigidas pelas EPS's foram cobradas e na íntegra pelo inspetor de solda e o supervisor de produção, as reais condições de trabalho, com relação a ergonomia do trabalho e métodos de produção eram diferentes e inferiores às da oficina de

treinamento, onde foram realizados os experimentos, para a determinação do custo padrão corrente, conseqüentemente gerando resultados dos custos com valores completamente superiores aos resultados do custo padrão corrente, determinado. Essas diferenças de valores podem ser verificadas no capítulo dos resultados.

### **3.11 Realização dos experimentos no estaleiro “B”**

No estaleiro “B”, os experimentos foram realizados no período de junho de 2015 a agosto de 2017. Todos os experimentos e acompanhamentos foram realizados com chapa de aço *ASTM AH-36*, soldadas pelo processo *FCAW-G*, e conforme o método estabelecido previamente, discriminado no tópico 2.6.3 - Metodologia para medição das variáveis dos processos de soldagem, do capítulo 2 desta tese.

- 1) Primeiro foi feita uma programação com o apoio do departamento de projetos, para a realização dos experimentos a fim de determinar os custos de soldagem para o custo padrão corrente, na oficina de soldagem, em corpos de prova nas posições 1G e 2G, medindo 300 mm de largura por 500 mm de comprimento e 12 mm de espessura. E, nas posições 2F e 3F, medindo 300 mm de largura por 500 mm de comprimento e 18 mm de espessura. Foram tomados todos os cuidados necessários para que as exigências técnicas de qualidade e fabricação fossem cumpridas, conforme as EPS's. Os experimentos foram acompanhados pelo autor deste trabalho, com o apoio de uma equipe de profissionais do próprio estaleiro que possuíam o conhecimento dos conceitos, das técnicas da engenharia de métodos. Foram realizados com a mesma metodologia realizada no estaleiro “A”. Concluídos esses experimentos o estaleiro “B” passou a possuir um referencial de custos que pode ser exequível, já que esses processos de soldagem foram realizados por um soldador qualificado, indicado pela própria empresa, e cronometrados pelos seus próprios profissionais.
- 2) Com a equipe de funcionários que acompanharam a determinação dos custos nos corpos de prova, foram realizados os acompanhamentos na produção, a fim de calcular o custo real no chão de fábrica, a fim de que fosse retratado, o máximo possível, as verdadeiras condições de trabalho, e de métodos de produção, nas seguintes posições e suas respectivas metragens e: posição 1G, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 2G, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 2F, acompanhamento de 5m de soldagem; posição 3F, acompanhamento de 5m de soldagem. Verificou-se nesse momento que, embora todas as exigências técnicas exigidas pelas EPS's foram cobradas e na íntegra pelo

inspetor de solda e o supervisor de produção, as reais condições de trabalho, com relação a ergonomia do trabalho e métodos de produção eram diferentes e inferiores as da oficina de treinamento, onde foram realizados os experimentos, para a determinação do custo padrão corrente, conseqüentemente gerando resultados dos custos com valores superiores aos resultados do custo padrão corrente, determinado. Essas diferenças de valores podem ser verificadas no capítulo dos resultados.

### 3.12 Controle dos parâmetros de soldagem

Os parâmetros de soldagem interferem nas características de qualidade do cordão de solda, como por exemplo, a tensão, a velocidade de soldagem, a velocidade de alimentação do arame, a distância do bico de contato da peça, a inclinação da tocha, como também a proteção gasosa (WAINER et al., 1992).

A **tensão** ou tensão do arco afeta o modo de transferência metálica, o comprimento do arco, e a geometria do cordão de solda, e exerce uma influência direta no comprimento do arco que controla o perfil do cordão, a profundidade da penetração e a quantidade de respingos. Quando a tensão do arco diminui: a penetração aumenta. Quando a tensão aumenta: o comprimento do arco aumenta, aumentando a probabilidade de ocorrência de mordeduras e porosidade. Para cada diâmetro de arame tubular, há uma faixa de tensão (corrente) que deve ser aplicada para uma determinada taxa de deposição. A escolha do arame tubular depende da faixa de corrente que será aplicada, que depende da espessura do material a ser soldado (WAINER et al., 1992). A Tabela 21 apresenta taxas de deposição para arames tubulares em função da corrente e da tensão.

Tabela 21 – Parâmetros de soldagem para arames rútilicos

Diâmetro do arame (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)	Taxa de deposição (kg/h)
1,2	150	28	1,90
	210	29	2,85
	250	30	3,85
	290	33	4,85
	330	34	5,75

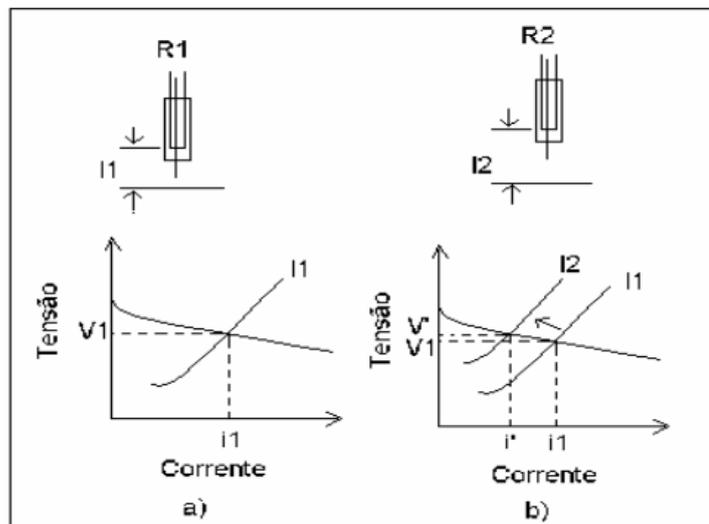
Fonte: (WAINER et al., 1992).

A **velocidade de soldagem** influencia na energia de soldagem, ou seja, na quantidade de calor cedido à peça, como também na penetração. Sendo a velocidade de soldagem muito baixa gera grandes aportes térmicos, podendo o material sofrer mudanças não desejadas em suas microestruturas. Tratando-se de soldagem com arames tubulares com fluxo não metálico, baixas velocidades de soldagem dificultam o controle da escória que pode passar à frente da poça de fusão e gerar inclusões de escória (WAINER et al., 2011).

A **velocidade de alimentação do arame** está diretamente relacionada com a corrente, ou seja, quanto maior for a velocidade de alimentação, maior será a corrente fornecida pela fonte fundindo o arame à poça de fusão. Se a velocidade de alimentação do arame for elevada, geram altas intensidades de correntes, provocando mordeduras, baixos valores geram solda com falta de penetração, falta de fusão e uma geometria irregular (WAINER et al., 2011).

A **distância bico de contato da peça** é um parâmetro importante. A figura 14 apresenta o (gráfico a) valores adequados de tensão, corrente e distância bico de contato peça, gerando uma potência disponível  $(V1I1 + R1I1^2)$  para fundir o eletrodo. Aumentando a distância do bico de contato da peça, aumenta-se a tensão (gráfico b), logo, a energia passará para  $V'1I' + (R2I')^2$ , ou seja, a corrente diminui, conseqüentemente, a energia e a velocidade de fusão também diminuem. Quando a distância do bico de contato a peça é muito grande pode-se ter uma deficiência na ação do gás de proteção. Para uma taxa fixa de alimentação de arame, aumentando-se a distância, conseqüentemente se reduz a corrente fornecida. Sendo a velocidade de alimentação do arame aumentada para compensar a queda de corrente, aumentará significativamente a taxa de deposição do metal de solda (WAINER et al., 2011).

Figura 14 – Influência da distância bico de contato peça na corrente de soldagem.

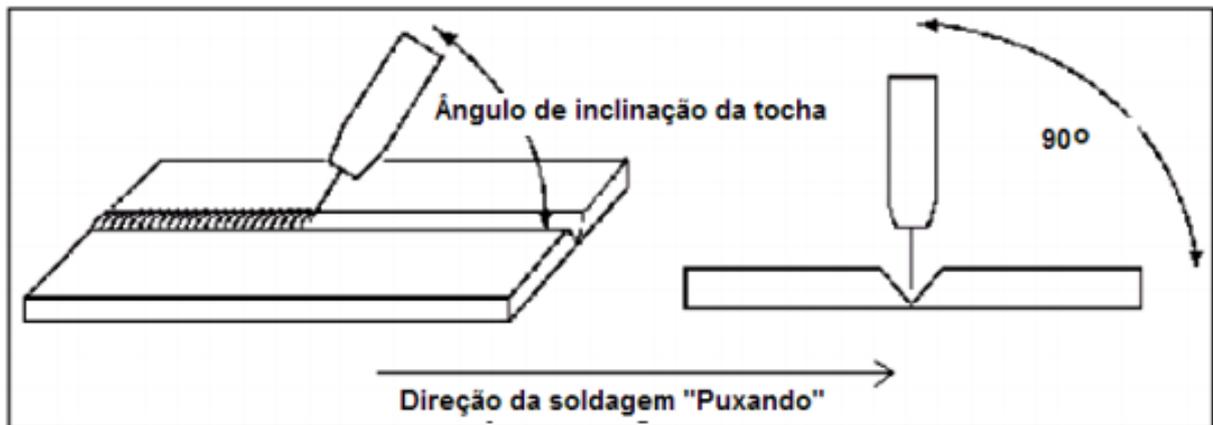


Fonte: (WAINER et al., 2011).

A **inclinação da tocha**, ou de deslocamento da tocha de soldagem, influencia diretamente no controle da escória e no perfil do depósito do cordão de solda. A direção quando a força do arco é aplicada na poça de fusão é determinada pelo ângulo de inclinação, (*WELDING HANDBOOK*, 1991).

Para juntas em ângulo e de topo, recomenda-se ângulos entre 60° e 70°, utilizando a técnica “puxando”, ou seja, o arame apontando para o cordão já formado. Ver a Figura 15. Com esta técnica a força do arco impede que a escória não passe à frente da poça de fusão, reduzindo-se o risco da escória ficar presa. Neste caso há uma maior penetração, menor quantidade de respingos, cordão de solda mais estreito e mais convexo e um arco mais estável. Na técnica “empurrando”, as características são: menor penetração, maior quantidade de respingos, cordão de solda mais plano e mais largo, e a visibilidade para o soldador é menor. Esta técnica é utilizada quando grandes valores de penetração não são requeridos. Para ângulo neutro apresentam-se características intermediárias aos dos dois casos acima citados (*WAINER et al.*, 2011).

Figura 15 – Desenho esquemático do ângulo de inclinação da tocha

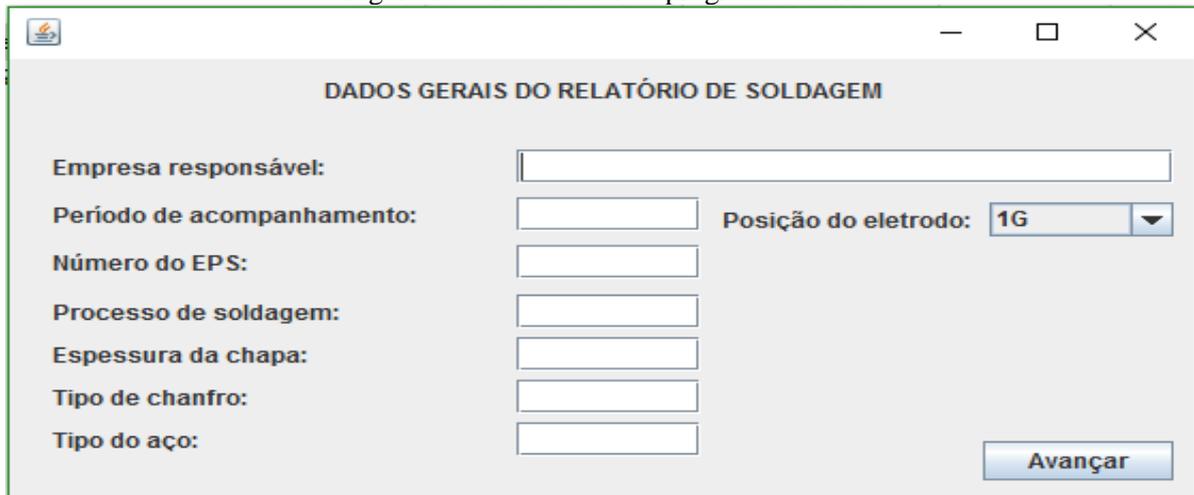


Fonte: (*WAINER et al.*, 2011).

### 3.13 Tutorial do programa para cálculo do custo de soldagem elaborado em JAVA

Para trabalhar com os dados adquiridos através da plataforma Java, há a necessidade de descrever um tutorial dos dados a ser alimentado e da forma como eles foram formulados na plataforma Java, apresentado na figura 16.

Figura 16 – Tela inicial do programa JAVA.



A imagem mostra a interface gráfica de usuário (GUI) do programa. O título da janela é "DADOS GERAIS DO RELATÓRIO DE SOLDAGEM". O formulário contém os seguintes campos:

- Empresa responsável:
- Período de acompanhamento:
- Número do EPS:
- Processo de soldagem:
- Espessura da chapa:
- Tipo de chanfro:
- Tipo do aço:
- Posição do eletrodo:

Um botão "Avançar" está localizado no canto inferior direito da janela.

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta é a primeira janela do programa. Nela o usuário irá escrever os dados gerais do estudo, tais como: a empresa responsável, o período de acompanhamento para aquisição dos dados, assim como, os dados do processo de soldagem utilizados no estudo.

Figura 17 – Tela dos dados de ensaio para valores padrão.

CUSTO PADRAO: ENTRADAS PARA A POSICAO 1G

Metragem de chapa soldada:	<input type="text"/>			
Vazao do gas (L/min):	<input type="text"/>	Valor de compra (R\$):	<input type="text"/>	Meta: <input type="text"/>
Tensao (V):	<input type="text"/>			
Corrente eletrica (A):	<input type="text"/>			
Kw/h:		Valor de compra (R\$):	<input type="text"/>	Meta: <input type="text"/>
Peso(eletrodo) antes da solda (Kg):	<input type="text"/>	Valor de compra (R\$):	<input type="text"/>	Meta: <input type="text"/>
Peso(eletrodo) depois da solda (Kg):	<input type="text"/>			
Beck ceramico (m):	<input type="text"/>	Valor de compra (R\$):	<input type="text"/>	Meta: <input type="text"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text"/>			
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text"/>	Valor de compra (R\$):	<input type="text"/>	Meta: <input type="text"/>
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text"/>			

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta tela o operador irá informar os dados obtidos no ensaio laboratorial, também deverá informar os valores de compra e as metas desejadas para o consumo. O *software* possui um corretor automático para auxiliar o operário corrigindo-o sempre que algum dado não estiver na formatação necessária, garantindo resultados corretos dos valores desejados.

Figura 18 – Tela dos dados do processo para os valores reais.

CUSTO REAL: ENTRADAS PARA A POSICAO 1G

Metragem de chapa soldada:

Vazao do gas (L/min):  Valor de compra (R\$):

Tensao (V):

Corrente eletrica (A):

Kw/h:  Valor de compra (R\$):

Peso(eletrodo) antes da solda (Kg):  Valor de compra (R\$):

Peso(eletrodo) depois da solda (Kg):

Beck ceramico (m):  Valor de compra (R\$):

Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):

Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):  Valor de compra (R\$):

Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):

Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta tela o usuário irá informar os dados obtidos na indústria, assim como os valores de compra em que os produtos foram adquiridos. Na tela também há um corretor automático para auxiliar o operário.

Figura 19 – Tela de escolha de relatórios.



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta aba do programa Java, o usuário pode optar por três opções de relatórios. São eles: o relatório do custo padrão, o relatório do custo real e, por fim, o relatório geral. Nesta tela também há um corretor automático para auxiliar o operário.

Figura 20 – Tela Relatórios de custo.

RELATORIO CUSTO PADRAO      aaa/mm/dd

Metragem de chapa soldada:       Valor de compra Kw/h:       Meta:       Empresa responsavel:

Número da especificação do processo de soldagem:       Valor de compra (R\$):       Meta:       Período de acompanhamento:

Vazão do gás (L/min):       Valor de compra (R\$):       Meta:       Processo de soldagem:

Tensão (V):       Valor de compra (R\$):       Meta:       Espessura da chapa:

Corrente elétrica (A):       Valor de compra (R\$):       Meta:       Posicao do eletrodo:

Peso(eletrodo) antes da solda (Kg):       Valor de compra (R\$):       Meta:       Tipo do aço:

Peso(eletrodo) depois da solda (Kg):       Valor de compra (R\$):       Meta:       Tipo de chanfro:

Beck cerâmico (m):       Valor de compra (R\$):       Meta:

Tempo de arco aberto (HH:MM:SS):       Valor de compra (R\$):       Meta:

Tempo de limpeza de solda (HH:MM:SS):

Tempo de esfriamento cordão de solda (HH:MM:SS):

Tempo não produtivo (perdas) (HH:MM:SS):

CONSUMO	consumo	unidade de custo	unidade de consumo	valor /unidade de custo	custo	% Part. sobre consumiveis	% Part. sobre total
ELETRODO		(R\$/kg)	Kg				
GAS		(R\$/l)	l				
ENERGIA		(R\$/Kwh)	Kwh				
BECK CERAMICO		(R\$/m)	m				
CUSTO TOTAL DOS CONSUMIVEIS							

TEMPO PADRAO	CONSUMO	UNIDADE DE CUSTO	UNIDADE DE CONSUMO	% Part.	R\$/hora	CUSTO	% Part. sobre mao de obra	% Part. sobre o total
TEMPO DE ARCO ABERTO		R\$/hora	horas					
TEMPO DE LIMPEZA		R\$/hora	horas					
TEMPO DE ESPERA DE ESFRIAME...		R\$/hora	horas					
TEMPO NAO PRODUTIVO		R\$/hora	horas					
TEMPO TOTAL		R\$/hora	horas					
TEMPO TOTAL		R\$/minuto						
CUSTO TOTAL MOD								
CUSTO TOTAL DA SOLDAGEM								
TEMPO OPERACIONAL PRODUTIVO		Minutos						
TAXA DE DEPOSICAO		(Kg/hora)						

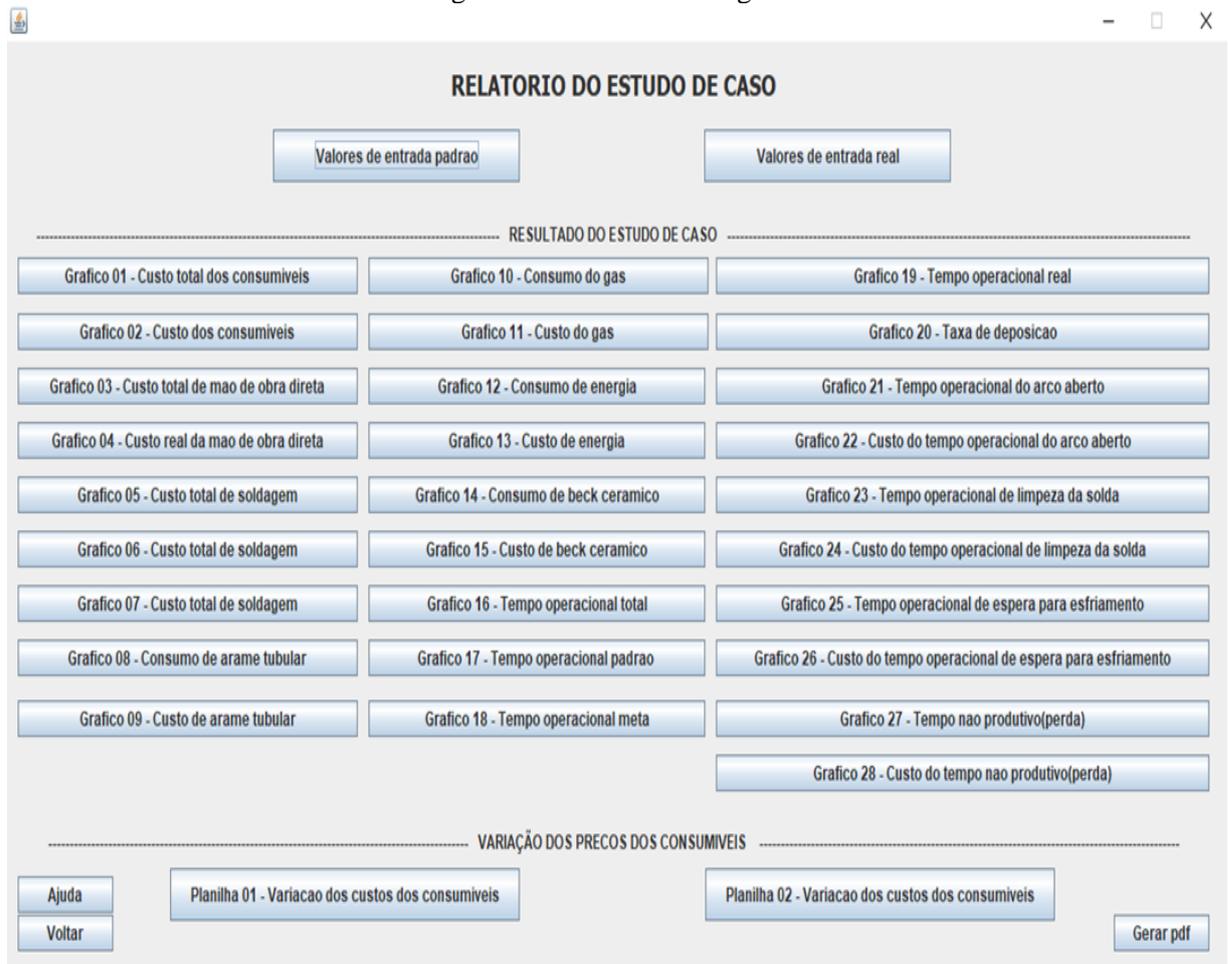
Fonte: Elaborado pelo autor

Para as duas primeiras opções da Figura 18 (relatório do custo padrão e o relatório do custo real), abre-se uma nova aba (Figura 19) com a informação de todos os dados de entrada digitados pelo usuário na Figura 16 (para a opção do relatório do custo padrão) ou com as informações digitadas pelo usuário na Figura 17 (para a opção do relatório do custo real), assim como os dados da tela inicial para ambos os casos. Nesta tela também há um corretor automático para auxiliar o operário.

A Figura 19 também dispõe de um espaço para que o usuário possa digitar alguns comentários importantes, e logo após, seguem duas tabelas que conterão todos os resultados desejados pelo operário, do custo padrão ou o do custo real, dependendo da opção selecionada.

Também existe a possibilidade de salvar as informações da tela ao clicar no botão salvar, o programa gera automaticamente uma imagem no formato PNG da tela. Nestas telas também há um corretor automático para auxiliar o operário.

Figura 21 – Tela relatório geral.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 22 se iniciará o processo para gerar o relatório geral, contendo os dados de entrada e os vinte e dois gráficos para análise do processo.

Após selecionadas e salvas todas as informações e os gráficos desejados pelo usuário, é necessário apertar no botão “Gerar pdf”. Desta forma o relatório será salvo no formato pdf.

Nesta página também há o botão “Ajuda” que instrui o usuário sobre como proceder nesta tela do relatório geral.

Figura 22 – Tela dados de entrada.

The screenshot shows a software window titled "DADOS DA ENTRADA PADRAO". The window contains the following fields and controls:

- Vazao do gas(L/min):** Input field
- Corrente eletrica(A):** Input field
- Tensao(V):** Input field
- Kw/h:** Input field
- Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :** Input field
- Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):** Input field
- Beck ceramico(m):** Input field
- Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):** Input field
- Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):** Input field
- Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):** Input field
- Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):** Input field
- Valor de compra(R\$):** Input field (multiple instances)
- Meta:** Input field (multiple instances)
- Comente algo aqui..** Text area
- Salvar** Button
- Voltar** Button

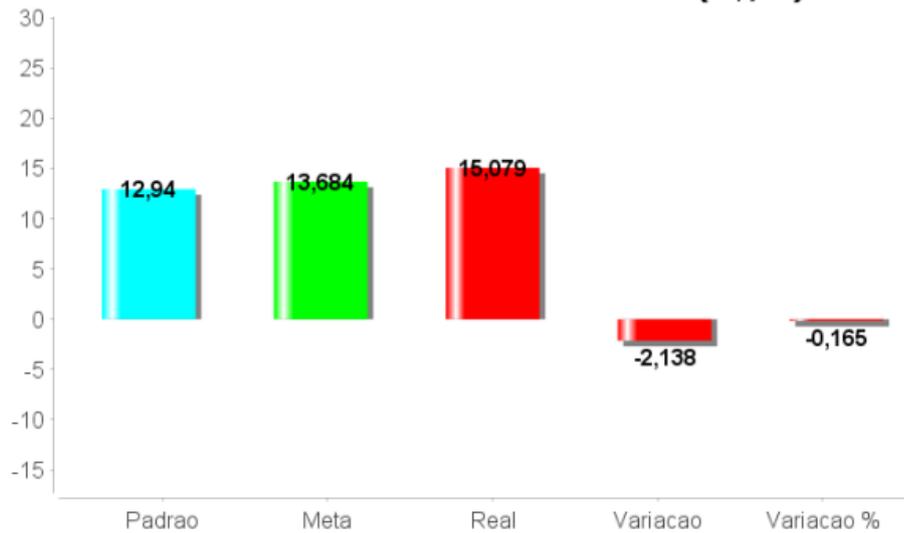
Fonte: Elaborado pelo autor

Para as duas primeiras opções da tela da Figura 22, abre-se uma aba com a informação de todos os dados de entrada digitados pelo usuário na Figura 18 (para a opção “Valores de entrada padrão”) ou com as informações digitadas pelo usuário na Figura 19 (para a opção “Valores de entrada real”).

A Figura 22 também dispõe de um espaço para que o usuário possa digitar algum comentário, e logo após o usuário tem a opção de salvar ou voltar para a tela da Figura 21.

Na tela da Figura 3.9, também dispõe de um espaço para que o usuário possa digitar algum comentário, e logo após ele tem a opção de salvar ou voltar para a tela da Figura 4.5, para que continue o processo de gerar o relatório.

Gráfico 3.1 – Gráficos do relatório.  
**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico do relatório pode ser gerado para a visualização dos dados e a observação sob outra perspectiva.

Alguns símbolos das telas precisam ser definidos, para uma melhor compreensão. A tabela 22 apresenta os símbolos com as suas respectivas definições.

Tabela 22 – Símbolos e definições das tabelas do JAVA

<p><b>M</b>: metragem de chapa soldada</p> <p><b>VG</b>: vazão do gás</p> <p><b>I</b>: corrente elétrica</p> <p><b>V</b>: tensão</p> <p><b>Kwh</b>: valor do quilo wath hora</p> <p><b>Pe<sub>0</sub></b>: peso do eletrodo antes da solda</p> <p><b>Pe<sub>1</sub></b>: peso do eletrodo depois da solda</p>	<p><b>BC</b>: back cerâmico</p> <p><b>Taa</b>: tempo de arco aberto</p> <p><b>TLS</b>: tempo de limpeza da solda</p> <p><b>TECS</b>: tempo de esfriamento do cordão de solda</p> <p><b>TNP</b>: tempo não produtivo(perdas)</p> <p><b>Vvg</b>: valor de compra da vazão de gás</p> <p><b>Ve</b>: valor de compra do eletrodo</p> <p><b>Vbc</b>: valor de compra do beck cerâmico</p> <p><b>VT</b>: valor de compra da mão de obra</p>
<p><b>Mvg</b>: meta da vazão de gás</p> <p><b>MKwh</b>: meta do Kwh</p> <p><b>Mpe</b>: meta do peso do eletrodo</p> <p><b>Mbc</b>: meta do beck cerâmico</p> <p><b>Mto</b>: meta do tempo operacional</p>	

Fonte: Elaborada pelo autor

As fórmulas que foram usadas no programa *Java* para a realização dos cálculos dos custos de soldagem.

Fórmula 8 - Consumo da Vasão do gás (*Cvg*).

$$Cvg = Vg.Taa.60$$

Fórmula 9 - Consumo de energia (*Cenerg*).

$$Cenerg = Taa.V.I$$

Fórmula 10 - Consumo de eletrodo (*Ce*).

$$Ce = \frac{Pe_0 - Pe_1}{M}$$

Fórmula 11 - Custo do eletrodo (*CCe*).

$$CCe = Ce.Ve$$

## 4 APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS

Atendendo às solicitações das empresas estudadas, as informações sobre elas não foram divulgadas. Em respeito e cumprimento ao compromisso assumido, as informações abaixo não serão associadas ao estaleiro “A” e nem ao “B”, para que essas informações não passem a ser indicativos de identificação delas.

Um dos estaleiros iniciou as suas atividades em 2005, com o objetivo de ser a maior e mais moderna empresa do setor de construção naval e *offshore* do hemisfério sul. O empreendimento é um marco na revitalização da indústria naval no Brasil. É resultado de investimentos de R\$ 1,8 bilhão e tem capacidade instalada de processamento da ordem de 160 mil toneladas de aço por ano.

Este estaleiros conta com uma capacidade de processamento de 160 mil toneladas de aço/ano, 1 milhão e 620 mil metros quadrados de terreno, uma área industrial coberta de 130 mil metros quadrados e um dique seco de 400 metros de extensão, 73 metros de largura e 12 metros de profundidade. O dique é servido por dois pórticos *Goliaths* de 1.500 toneladas/cada, dois guindastes de 50 toneladas/cada e dois de 35 toneladas/cada. O porte destes equipamentos permite reduzir substancialmente o tempo de edificação, possibilitando ao estaleiro figurar no seletor time das plantas navais de quarta geração, junto com os estaleiros asiáticos, considerados a vanguarda da construção naval mundial. O estaleiro possui também um cais de acabamento com 730 metros de extensão, equipado com dois guindastes de 35 toneladas. Outros 680 metros de cais são utilizados para a construção de plataformas *offshore*.

A empresa produz todos os tipos de navios cargueiros de até 500 mil toneladas de porte bruto (TPB), além de plataformas *offshore* dos tipos semissubmersível, FPSO (unidades flutuantes de produção e armazenamento *offshore*), TLP (plataformas de pernas atirantadas), entre outras. Mas o foco da unidade é a produção de navios cargueiros - petroleiros, contêineres, graneleiros e de cargas gerais, entre outros - além de plataformas *offshore*, navios de perfuração e barcos de apoio à indústria petrolífera, com capacidade de processamento de 160 mil toneladas de aço/ano, 1 milhão e 620 mil metros quadrados de terreno, e área industrial coberta de 130 mil metros quadrados.

O outro estaleiro fica situado na zona industrial de Ipojuca, na ilha de Tatuoca no Estado de Pernambuco. Eles ocupa uma área de 80 hectares. Possui uma infraestrutura com uma área total de 800 mil m<sup>2</sup>, uma área industrial de 250 m<sup>2</sup>, com uma área coberta de 100 mil m<sup>2</sup>, duas linhas de edificação medindo 300m x 80 m cada uma, um pórtico com capacidade de

300 toneladas, um cais de acabamento de 300m com 8m de calado e um dique flutuante com 150mx40m.

Esse Estaleiro começou a operar em 2013. O investimento inicial foi de R\$ 300 milhões, e obteve financiamento público e privado. A planta teve início com uma encomenda de oito navios gaseiros, a um custo total de R\$ 917 milhões. É o segundo estaleiro viabilizado pelo programa de Modernização e Expansão da frota da Transpetro (PROMEF). O estaleiro tem capacidade de processamento de 20 mil toneladas de aço por ano. Os oito navios encomendados pela Transpetro serão para o transporte de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Este estaleiro se dedica à construção de vários tipos de embarcações: do tipo *offshore* para exploração de produção de petróleo e gás, de navios de pesca de grande porte, de navios guarda-costas e também de embarcações quebra gelos.

## **5 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS NO ESTALEIRO “A”**

No estaleiro “A” quatro estudos de casos no período de, 30 de abril de 2015 a 30 de setembro de 2015, nos seguintes processos de soldagem:

- 1.FCAW-G*, na posição 1G, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 12mm;
- 2.FCAW-G*, na posição 2G, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 12mm;
- 3.FCAW-G*, na posição 2F, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 18mm;
- 4.FCAW-G*, na posição 3F, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 18mm.

No anexo 01, apresenta a carta de anuência para autorização de pesquisa neste estaleiro.

Nas páginas a seguir estão apresentados os resultados dos experimentos acima citados.

## 5.1 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 1G, COM AÇO ASTM A36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A”

A tabela 23 que apresenta os dados coletados e imputados para a determinação do custo padrão na oficina de treinamento do estaleiro “A” para este experimento.

Tabela 23 - Dados coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão no estaleiro “A”.

DADOS DA ENTRADA PADRAO					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="13.8780"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:16:58"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:09:48"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:05:31"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:04:35"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão corrente foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% conforme os métodos de trabalhos, na ocasião, praticados neste estaleiro.

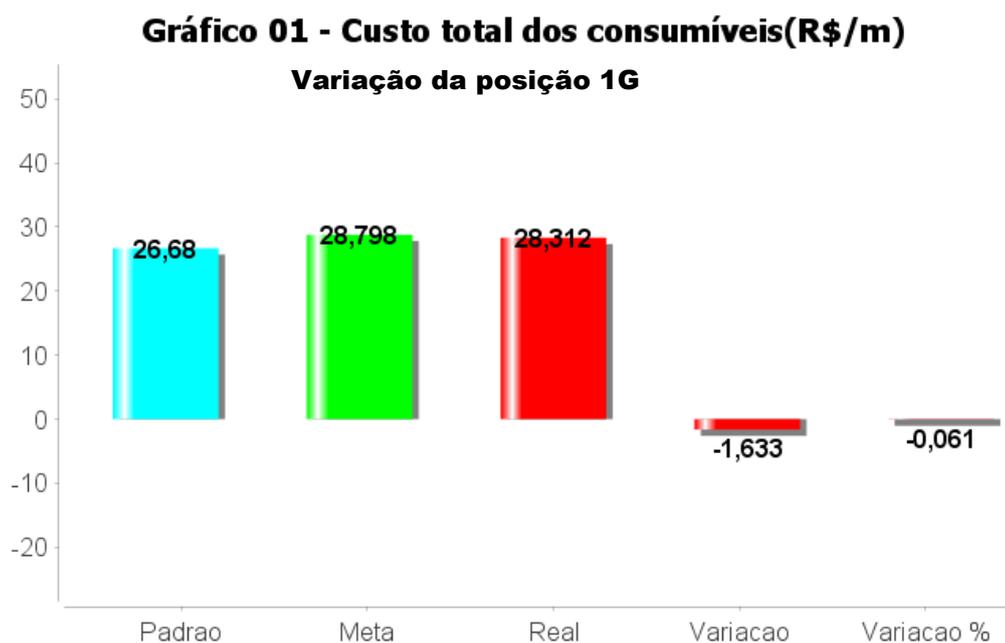
A tabela 5.2 apresenta os dados coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”, para este experimento

Tabela 5.1 - Dados coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.

DADOS DA ENTRADA REAL				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="3.3391"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="5.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="03:02:55"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:28:38"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:29:35"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:29:43"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

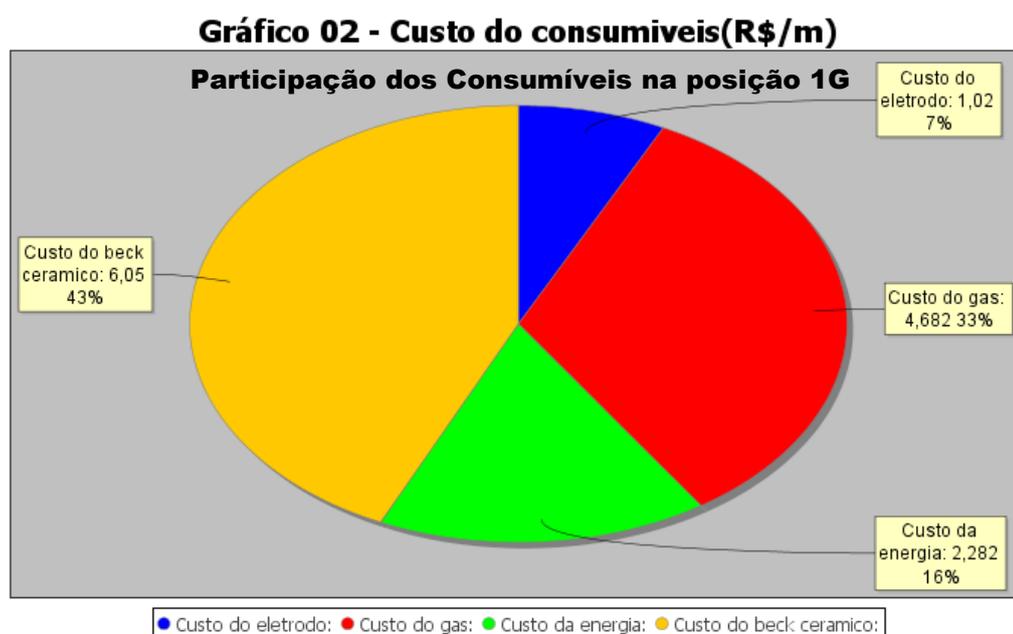
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica, em 5,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, ou seja, a velocidade do operador, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor

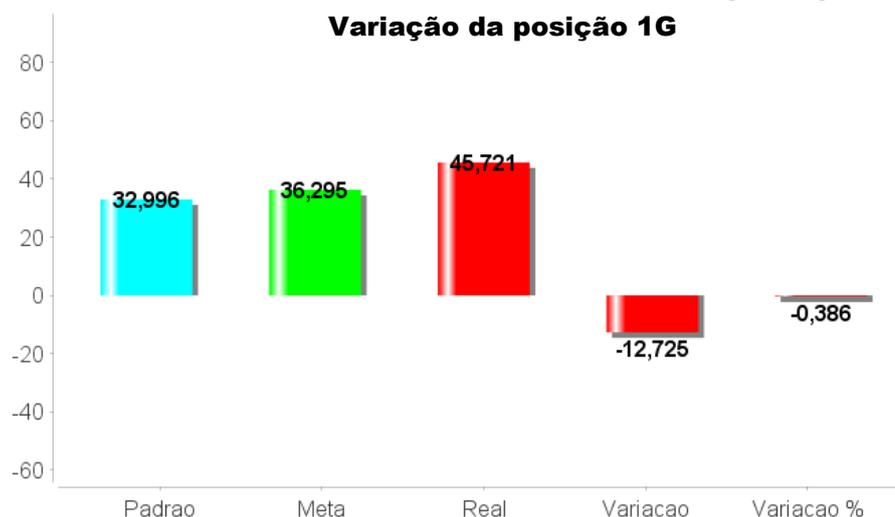
Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,10%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 1,633 com consumíveis, incluindo o consumo de energia elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total deles. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no back cerâmico e do gás respectivamente com 43% e 33%.

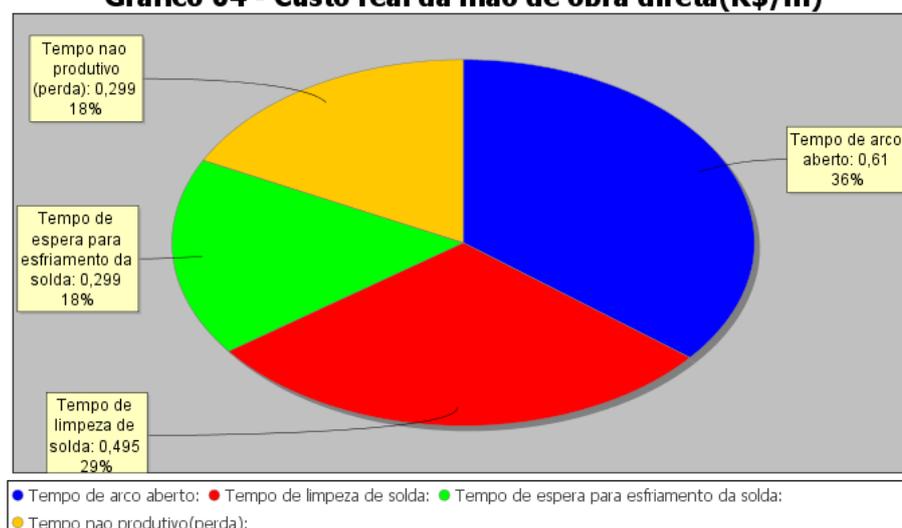
**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)  
Variação da posição 1G**



Fonte: Elaborado pelo autor

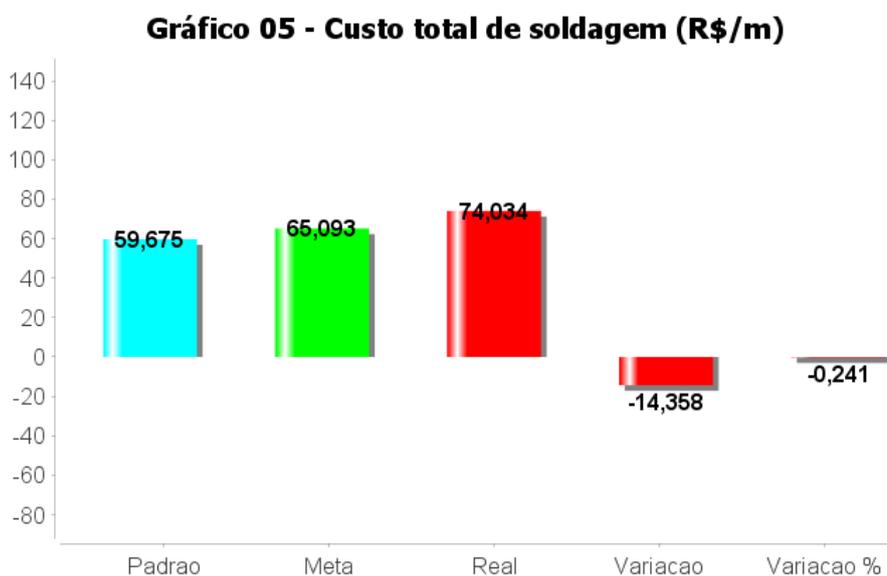
Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 38,6%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 12,73 com mão de obra (soldador).

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**



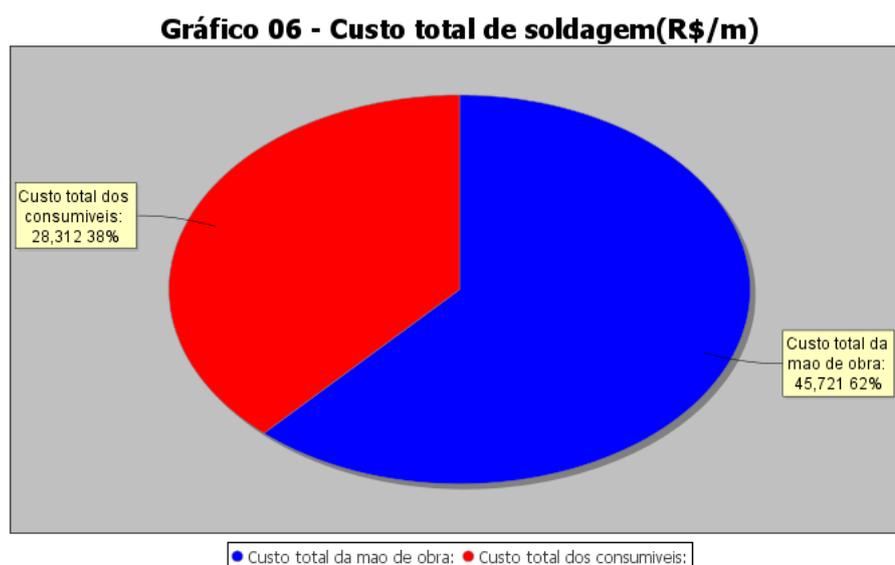
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima que a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional do arco aberto e no tempo de limpeza de solda, respectivamente com 36% e 29%.



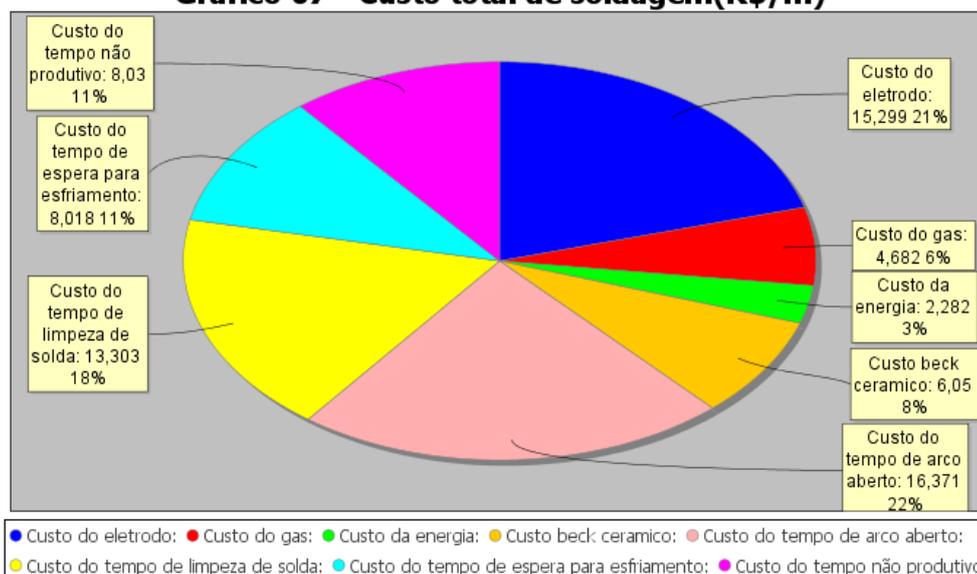
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 24,1%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada um prejuízo de R\$ 14,358/ m, nos custos primários.



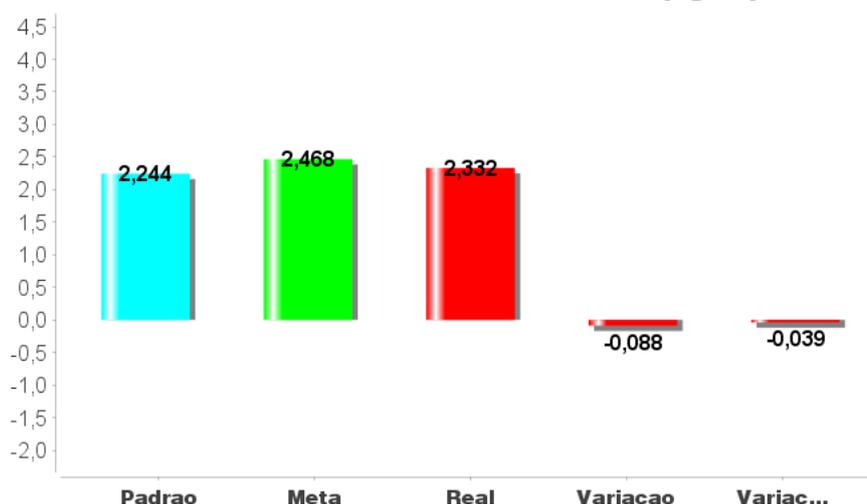
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 38% e da mão de obra, com 62%, com relação ao custo total dos consumíveis.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

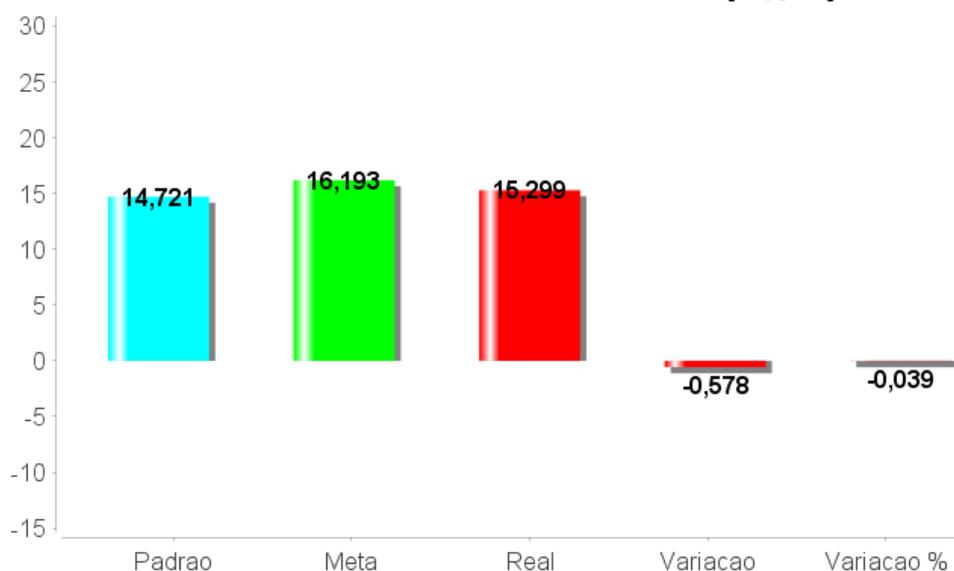
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 22% e 21%.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

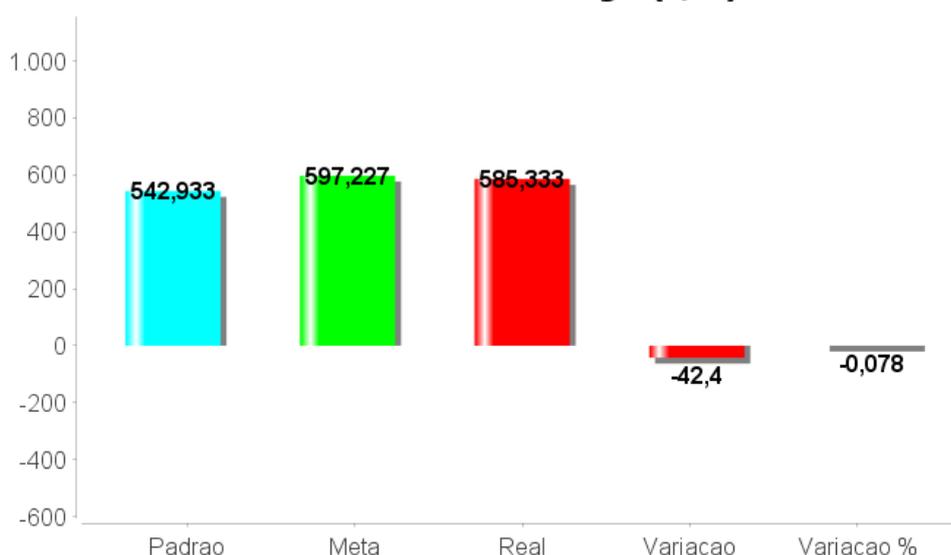
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,9%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,088, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,90%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,578 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 7,8%. Ou seja, um consumo superior de L/m 42,4.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

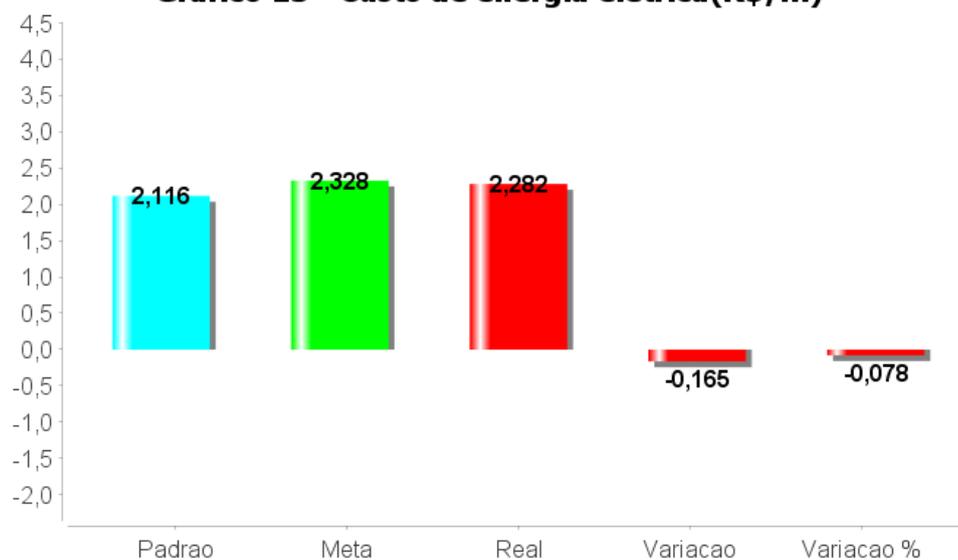
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 7,8%. Ou seja, um custo superior de R\$/0,339 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia elétrica(Kwh/m)**

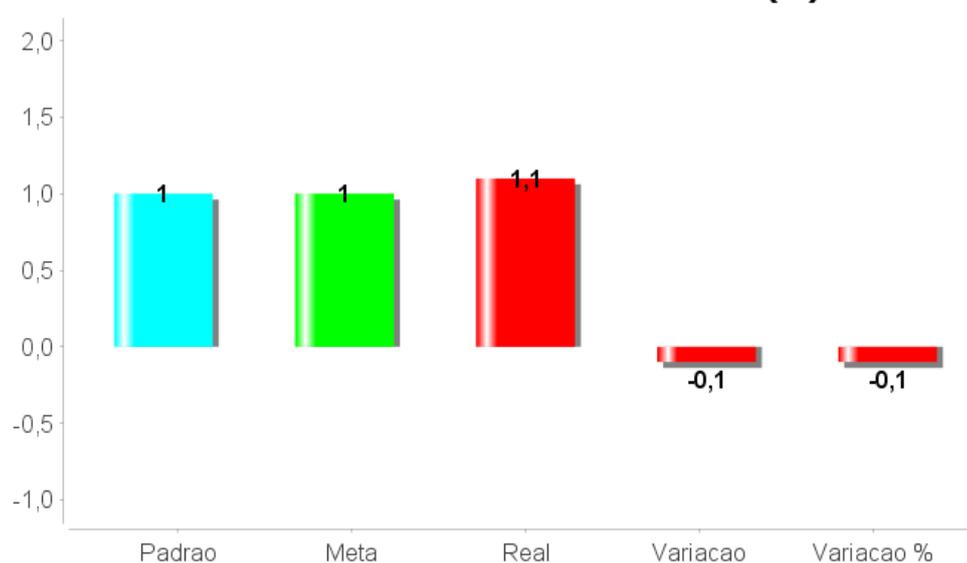
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 7,8%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,262 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

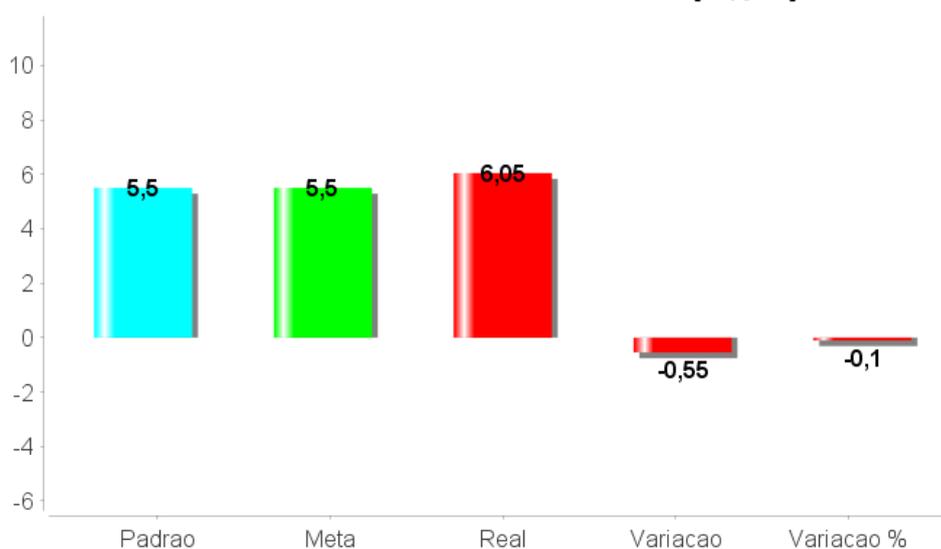
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 7,8%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kw/h 0,165 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 14 - Consumo de beck cerâmico(m)**

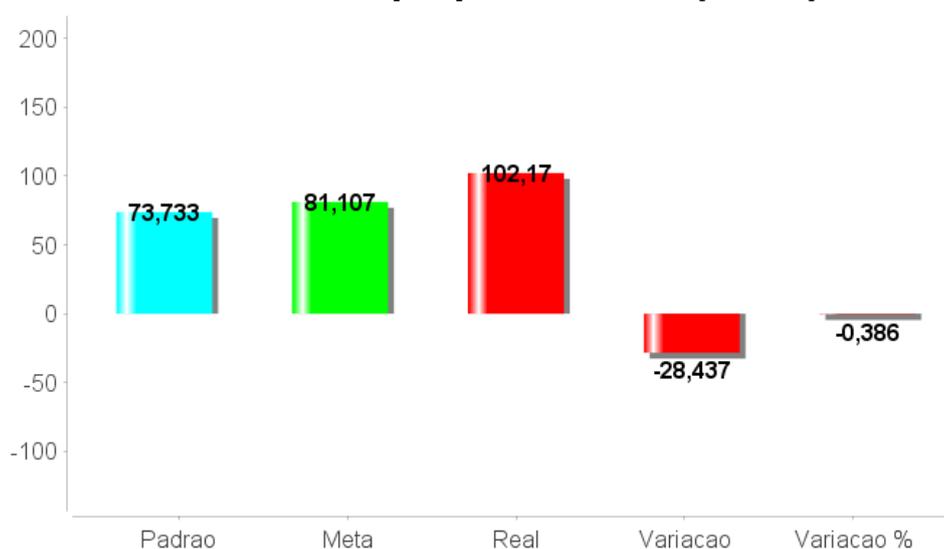
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,0%. Ou seja, um consumo superior de 0,10m para cada metro de soldagem.

**Gráfico 15 - Custo de beck ceramico(R\$/m)**

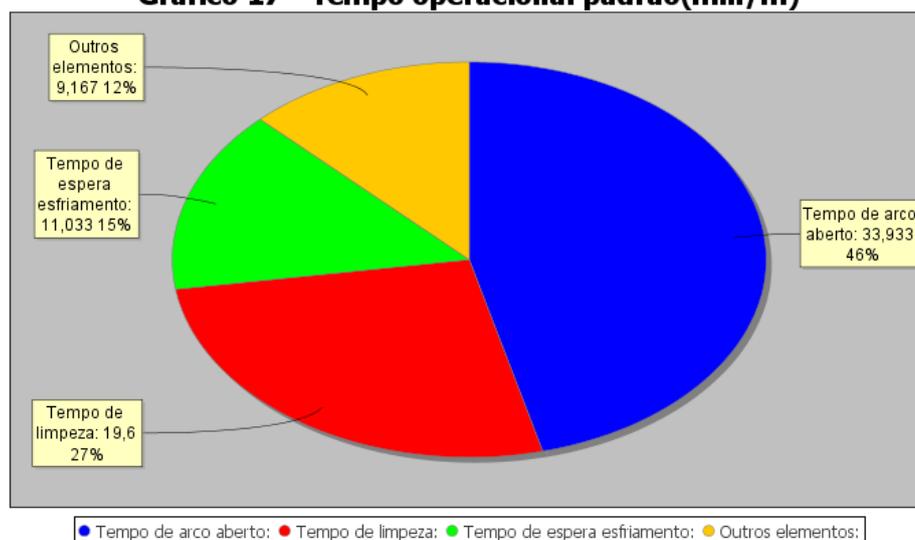
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,00%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,55 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

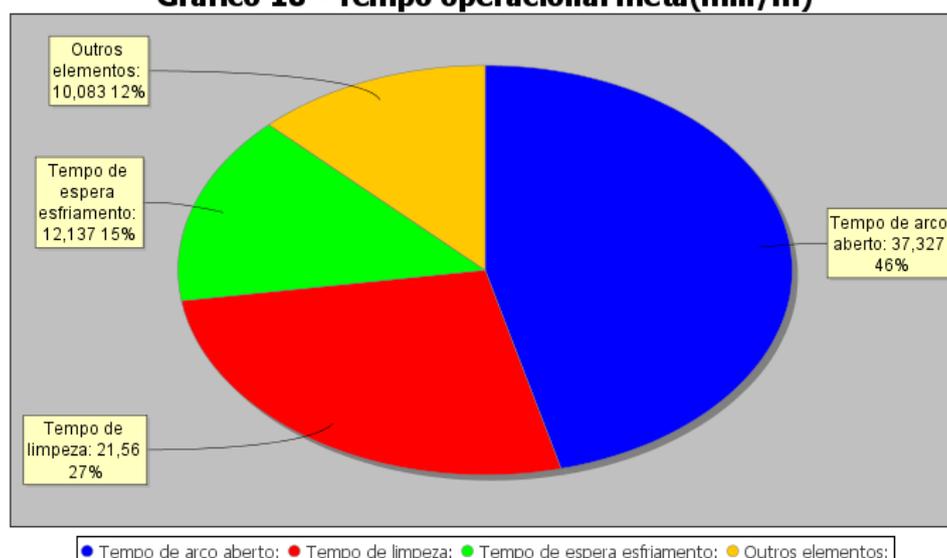
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 38,60%. Ou seja, um tempo superior de 28,437 min/m, de soldagem.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

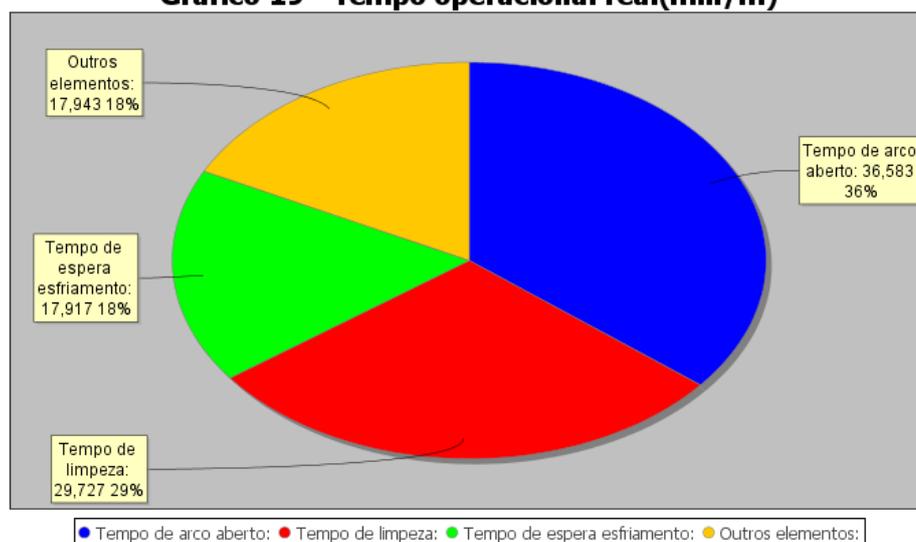
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação, dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor 10% maior.

**Gráfico 19 - Tempo operacional real(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

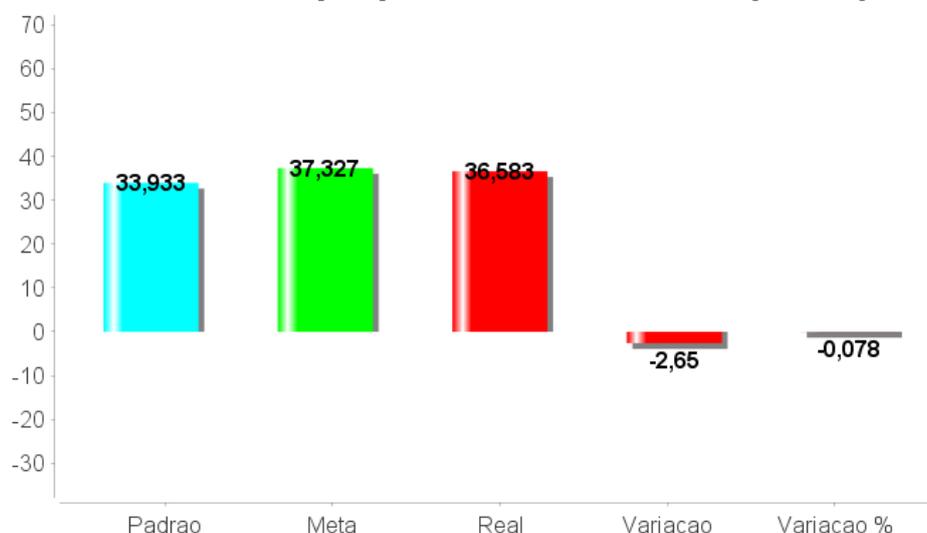
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.

**Gráfico 20 - Taxa de deposicao(Kg/h)**

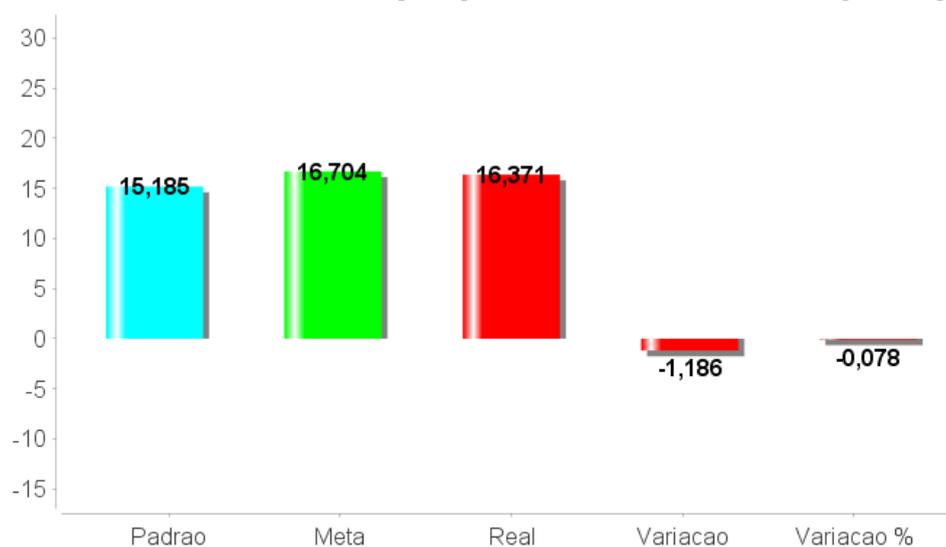
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se um variação desfavorável de 0,3,6%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

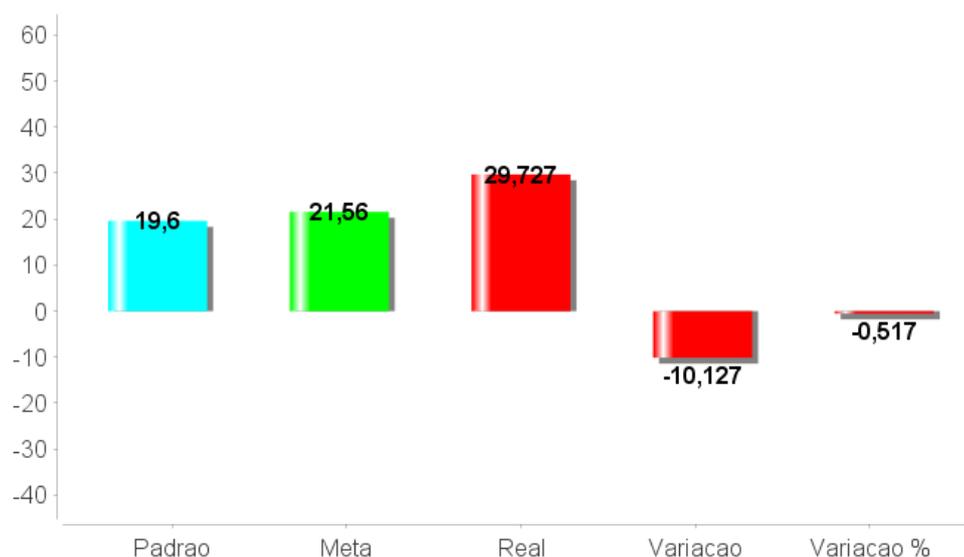
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 7,8%. Ou seja, um aumento de 2,65 minutos por metro de soldagem.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

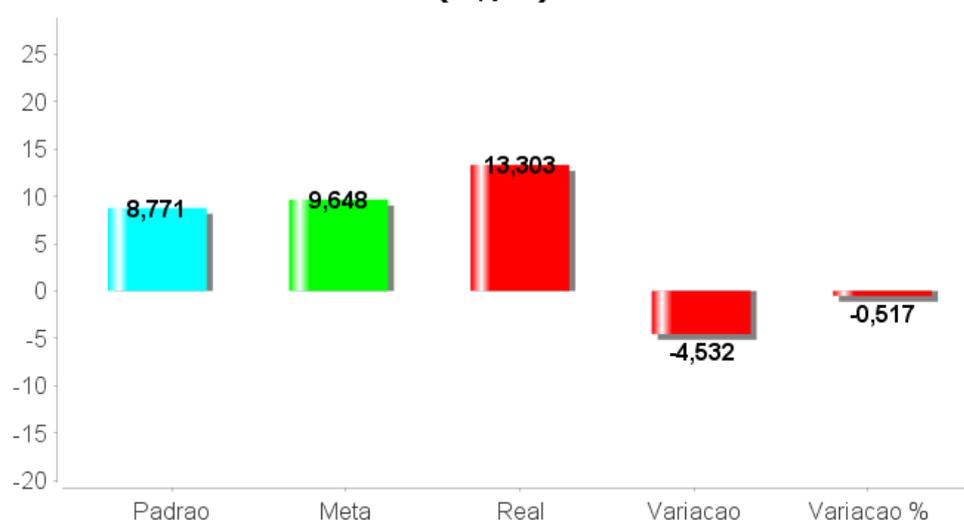
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 7,8%, e um aumento de R\$/m 1,186 de soldagem.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

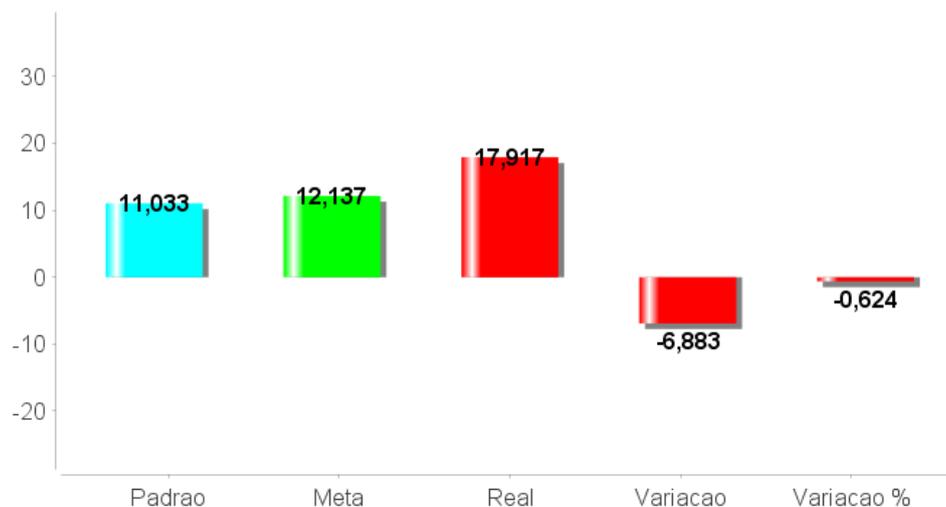
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 51,70%. Ou seja, um aumento de 10,127 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 51,70%, e um aumento de R\$/m 4,532, por metro de chapa soldada.

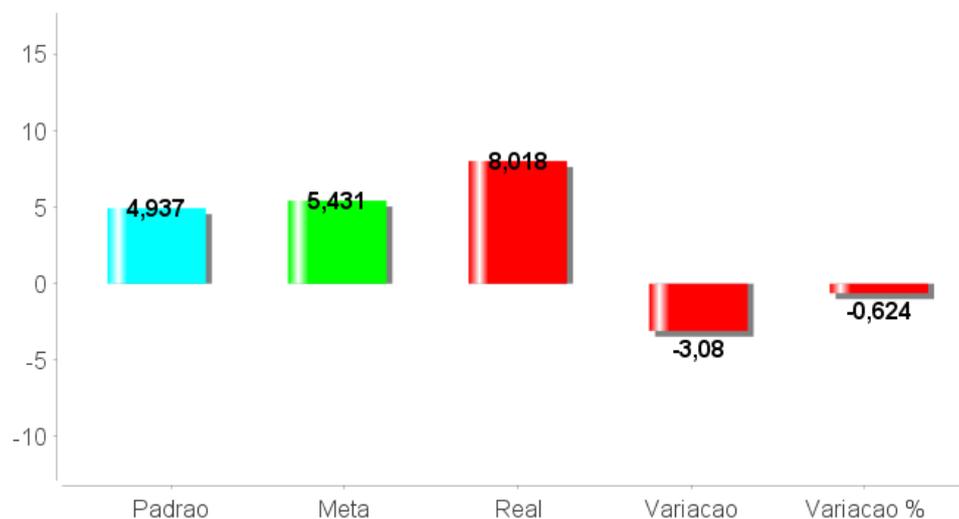
**Gráfico 25 - Tempo operacional de espera para esfriamento (min/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

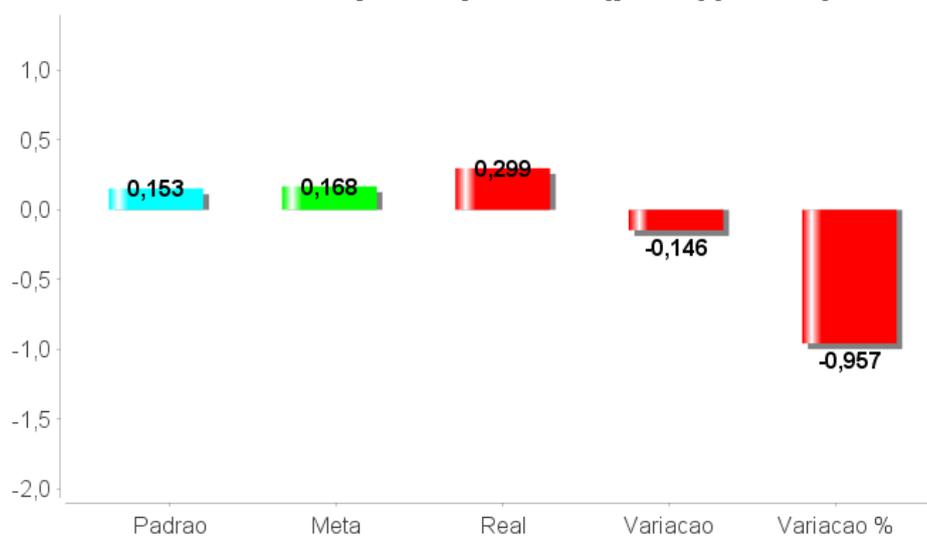
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 62,4%. Ou seja, um aumento de 6,883 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 26 - Custo do tempo operacional de espera esfriamento (R\$/m)**



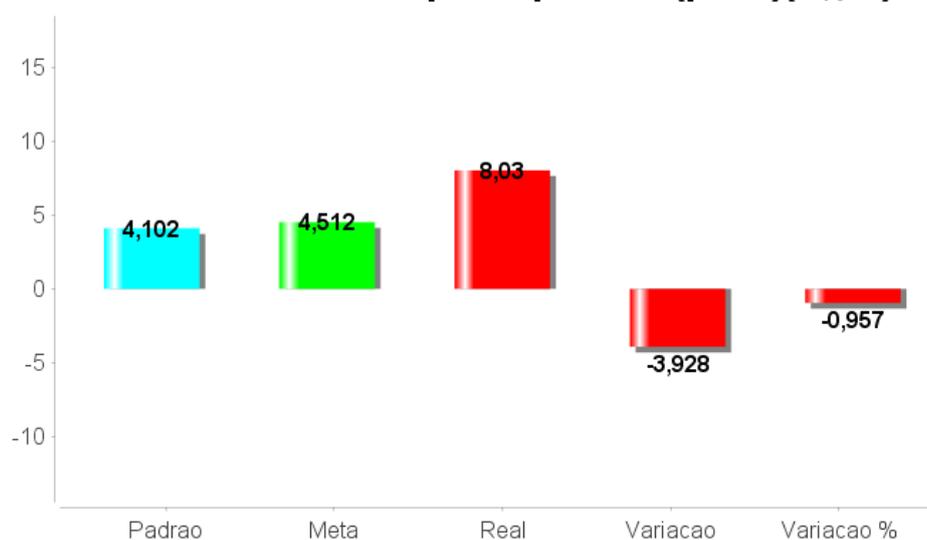
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 62,40%, e um aumento de R\$/m 3,08 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 95,70%. Ou seja, um aumento de 0,146 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 95,70%, e um aumento de R\$/m 3,928 por metro de chapa soldada.

## 5.2 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2G, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A”

A tabela 25 que apresenta os dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A” para este experimento.

Tabela 25 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, no estaleiro “A”.

DADOS DA ENTRADA PADRAO				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.0045"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:14:21"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:04:48"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:17"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:08:18"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão corrente foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% conforme os métodos de trabalhos, na ocasião, praticados neste estaleiro.

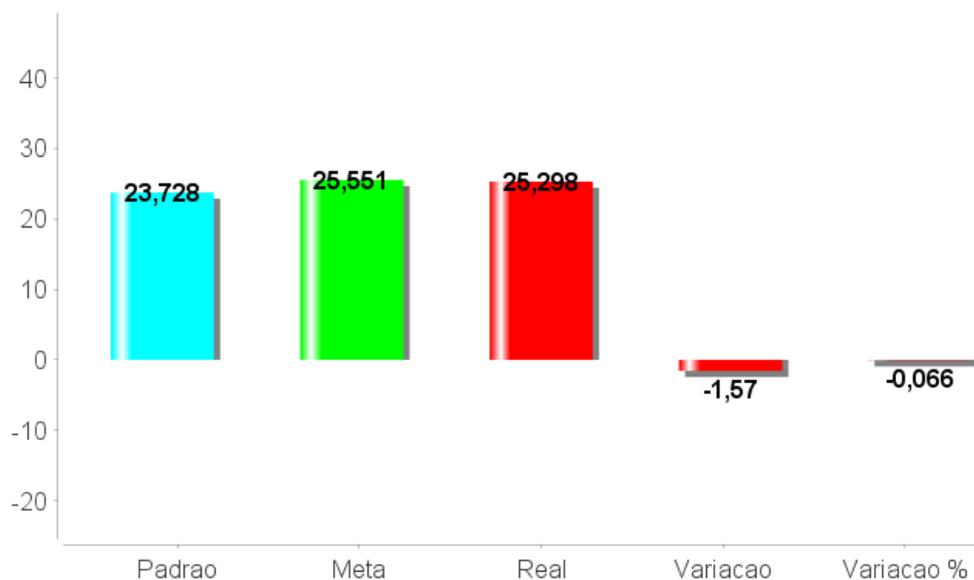
A tabela 26 que apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”, para este experimento.

Tabela 26 - dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”

DADOS DA ENTRADA REAL				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="4.6063"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="5.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:35:50"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:15:54"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:38:12"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:35:31"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

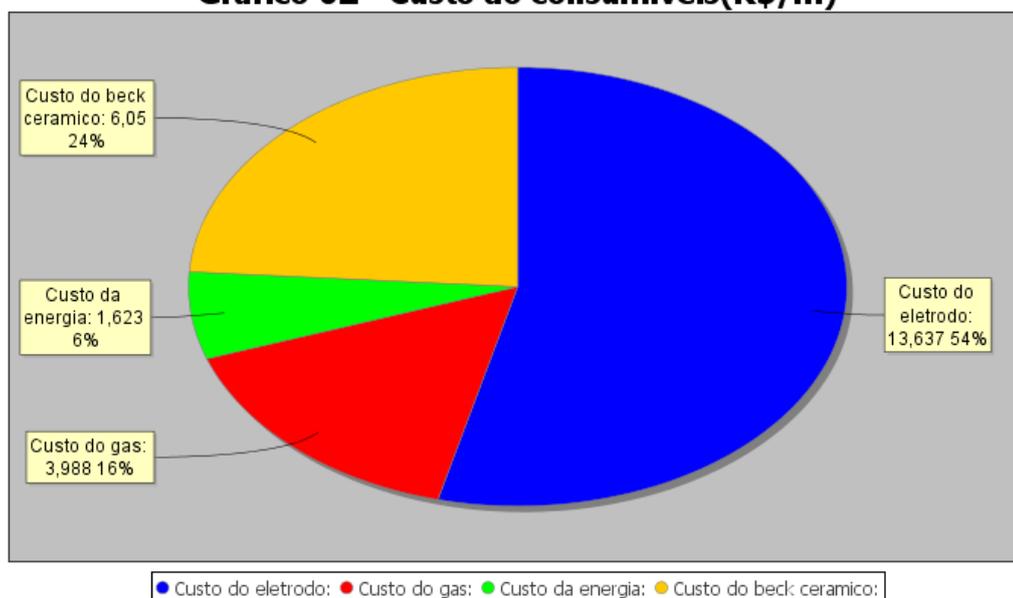
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica, em 5,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, ou seja, a velocidade do operador, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

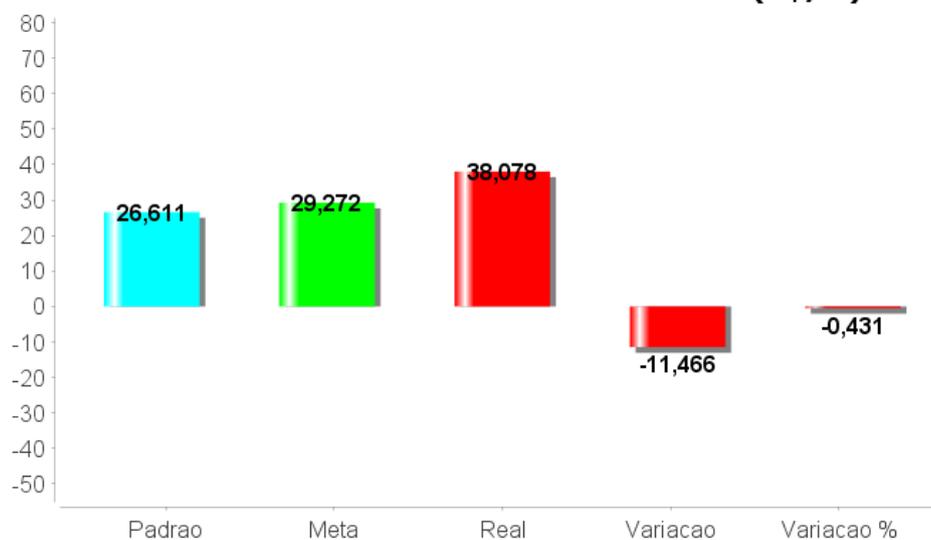
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,6%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 1,57 com os custos primários.

**Gráfico 02 - Custo do consumíveis(R\$/m)**

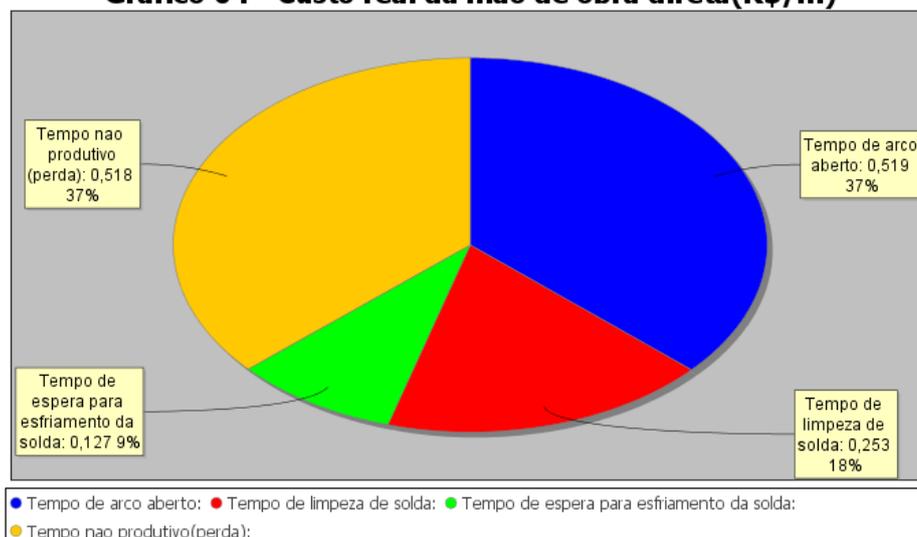
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletrodo e no custo do back cerâmico respectivamente com 54% e 24%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

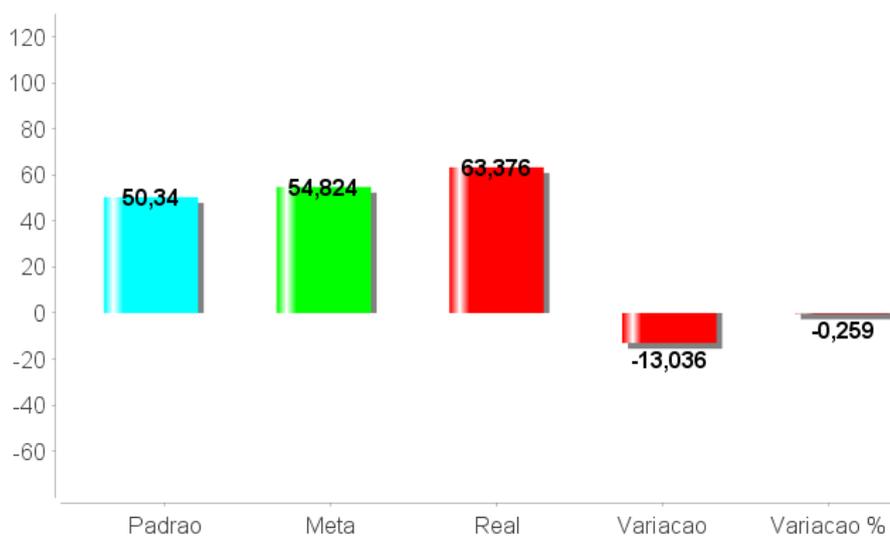
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 43,1%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada um prejuízo de R\$ 11,466 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

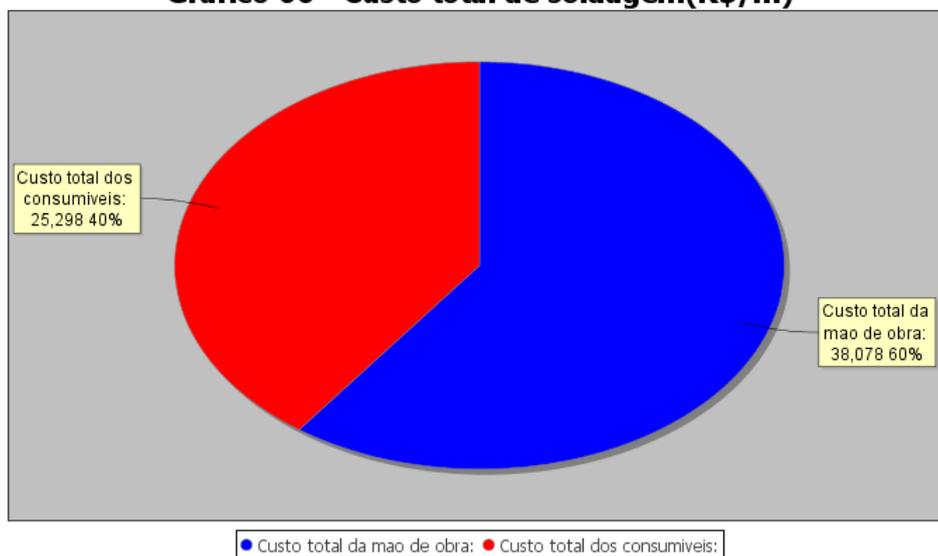
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo não produtivo, respectivamente com 37% e 37%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

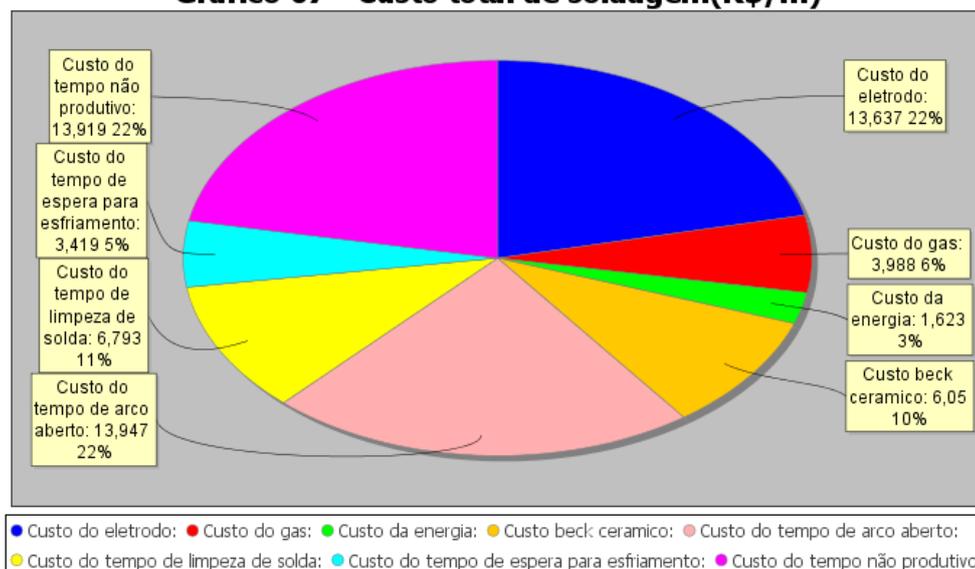
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 25,90%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 13,036 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

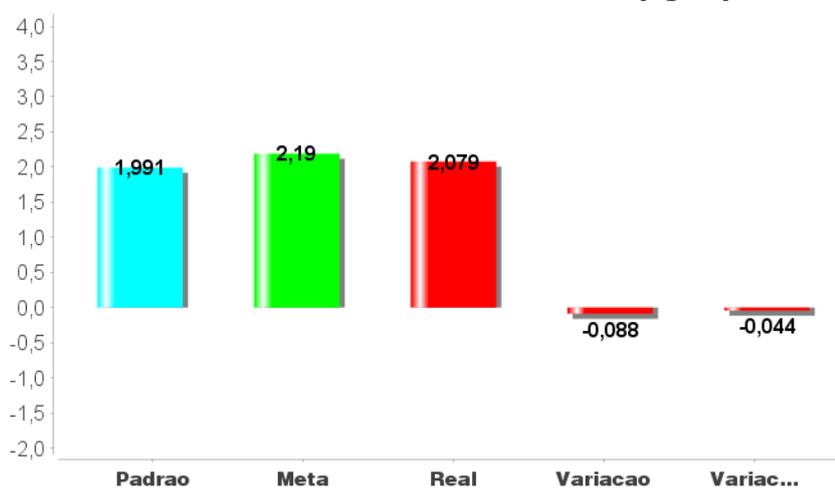
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 40% e da mão de obra com 60%, com relação ao custo total de soldagem.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

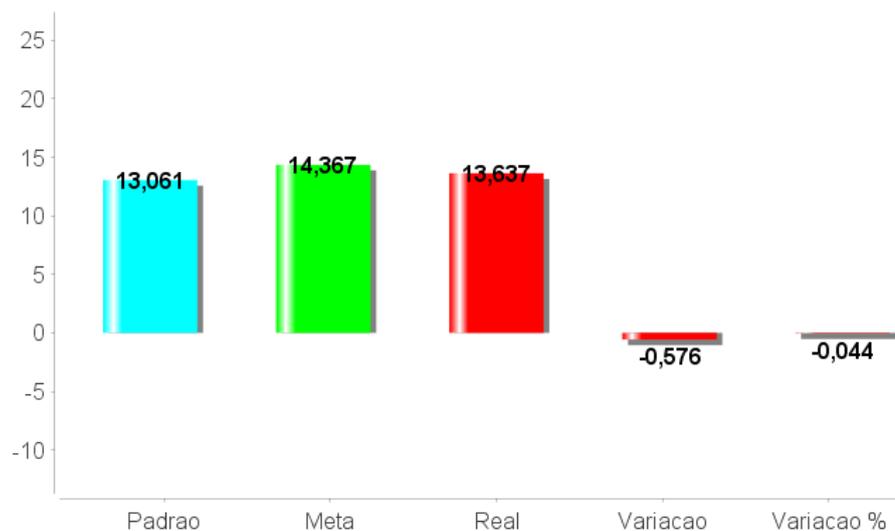
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 22% e 22%.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

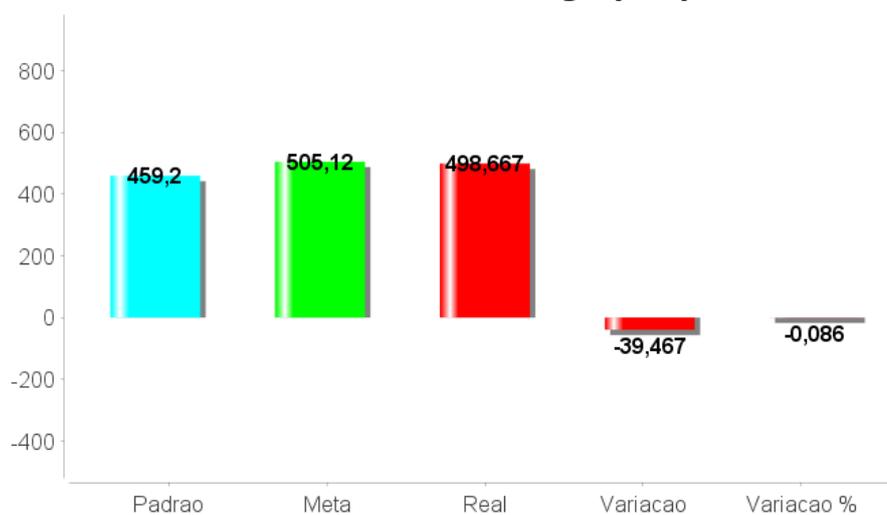
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,4%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,088, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**

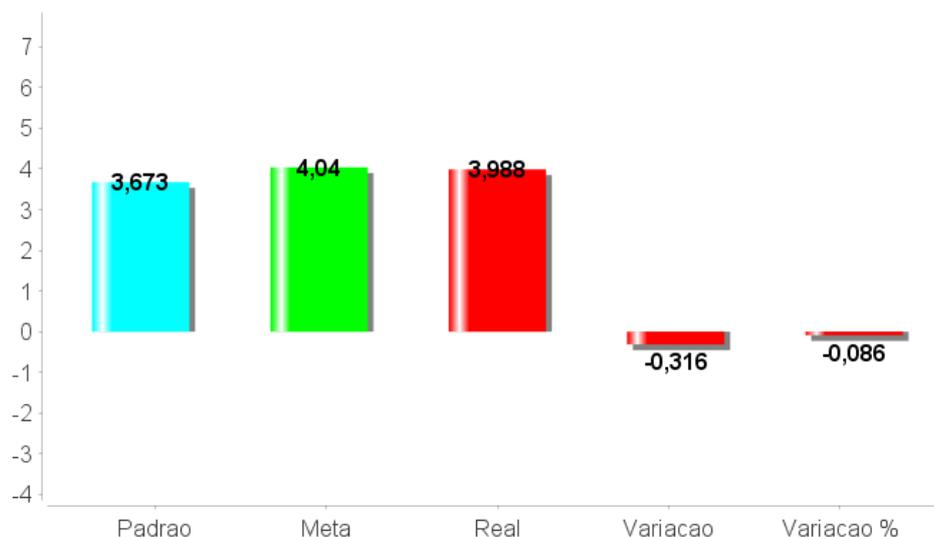
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,4%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,038 para cada metro de chapa soldada.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**

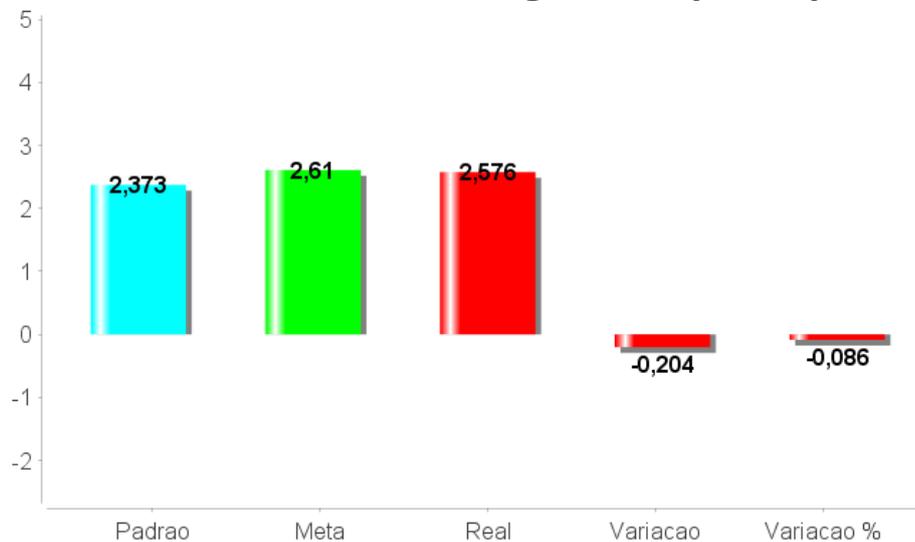
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 8,6%. Ou seja, um consumo superior de L/m 39,467 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

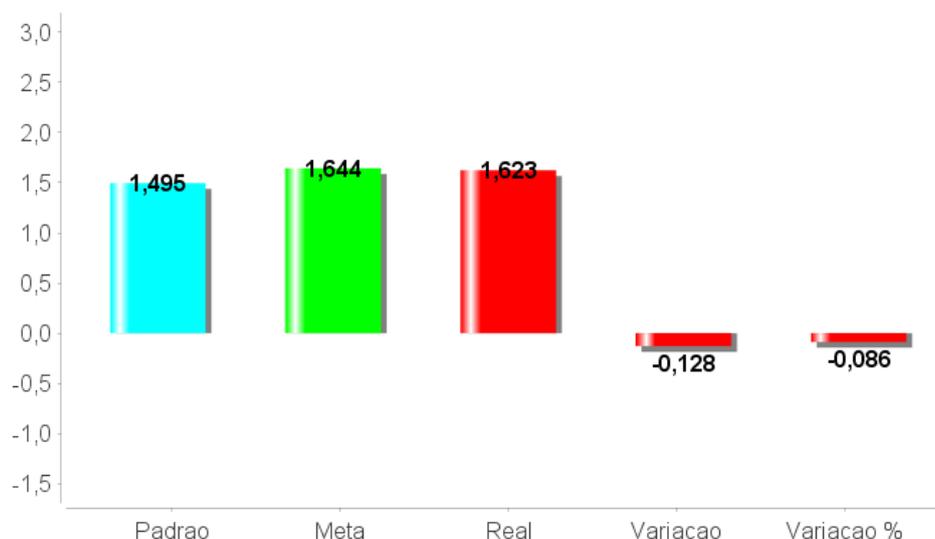
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 8,60%. Ou seja, um custo superior de R\$/0,316 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia eletrica(Kwh/m)**

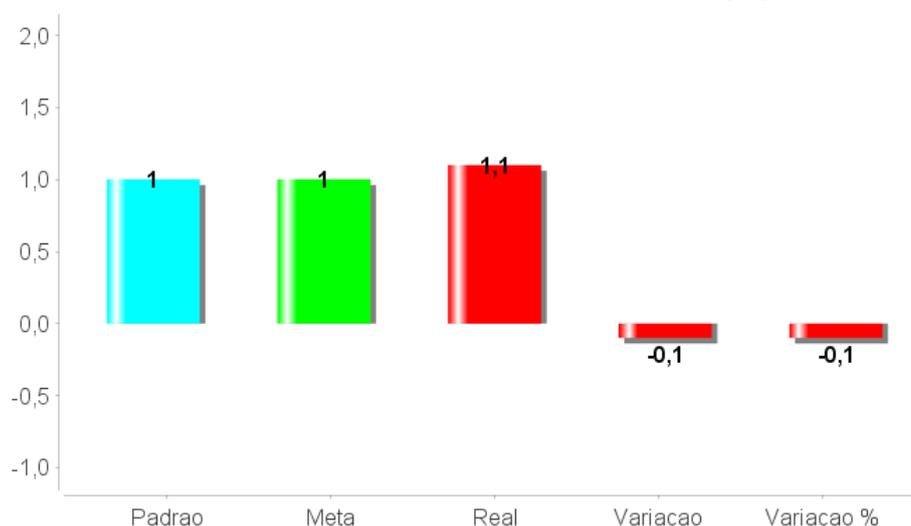
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 8,6%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,204 de chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 8,6%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,128.

**Gráfico 14 - Consumo de beck cerâmico(m)**

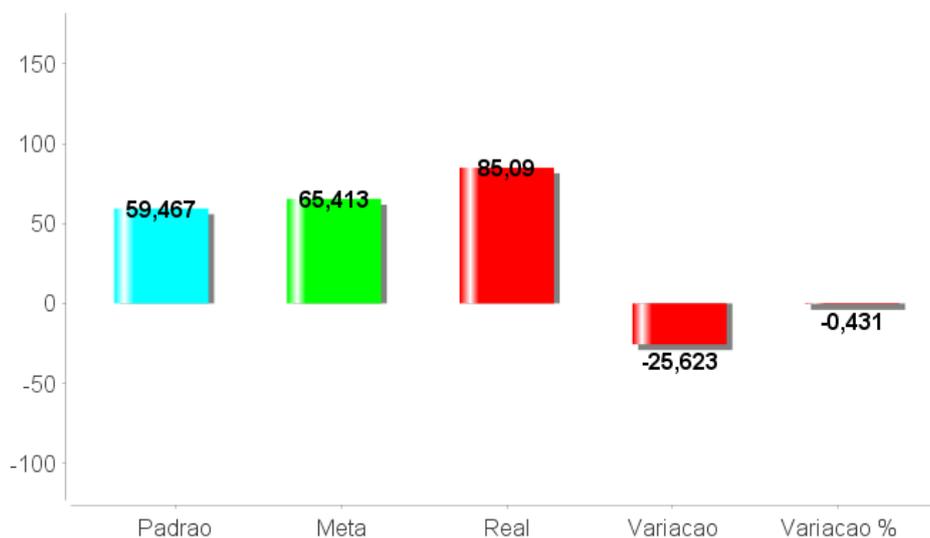
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,0%. Ou seja, um consumo superior de 0,10m, para cada metro de soldagem.

**Gráfico 15 - Custo de beck ceramico(R\$/m)**

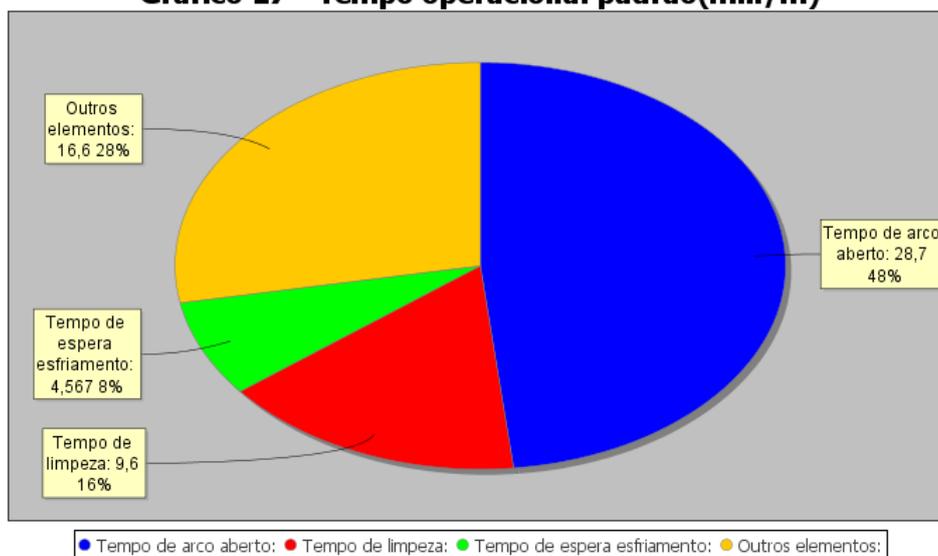
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,00%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,55, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

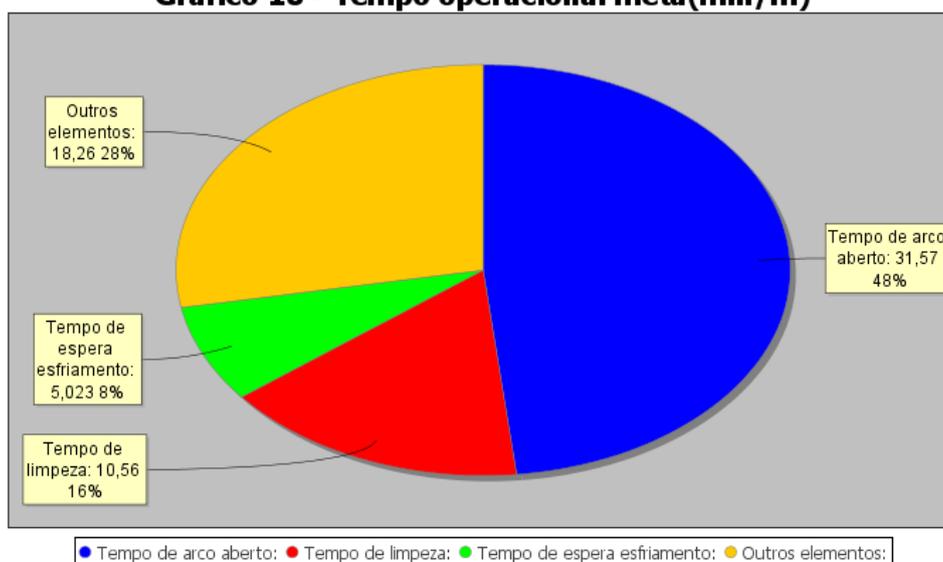
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 43,10%. Ou seja, um tempo superior de 25,623 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

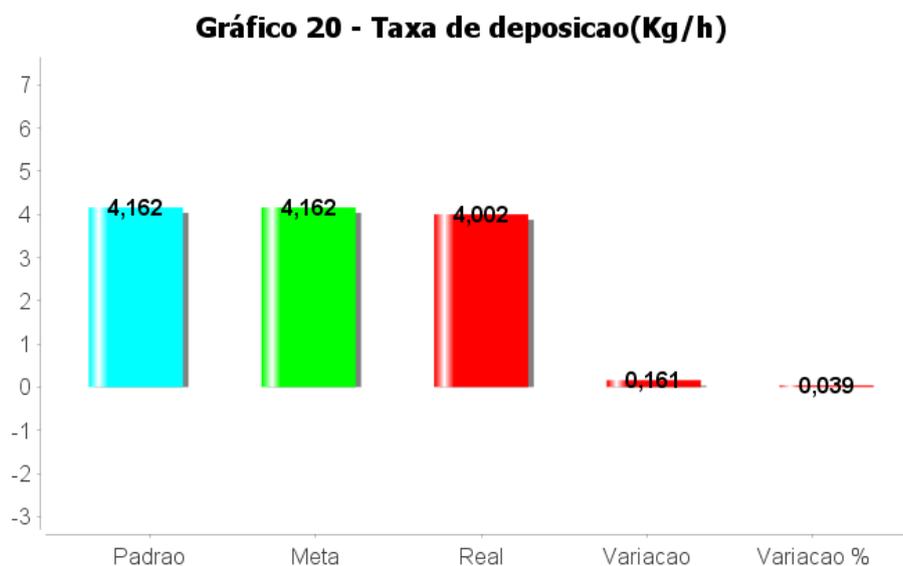
O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior.



Fonte: Elaborado pelo autor

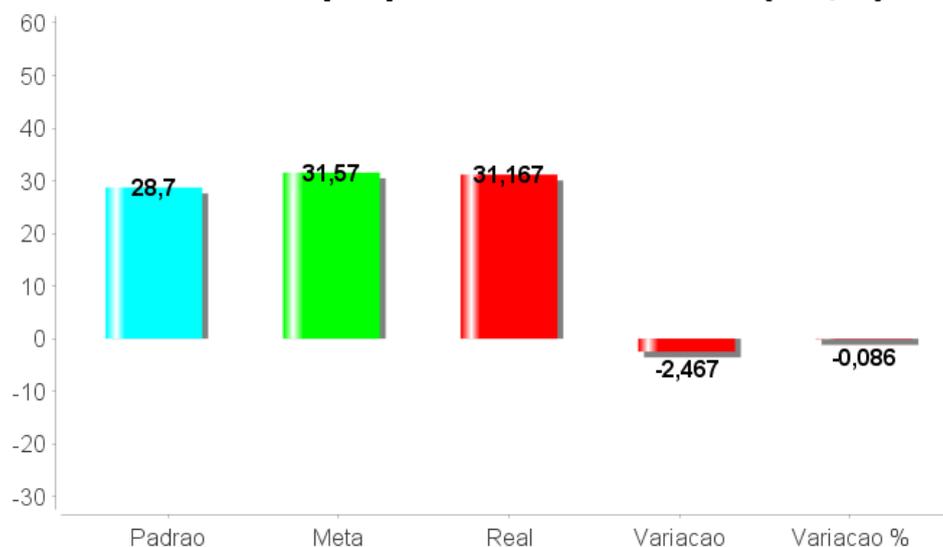
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.



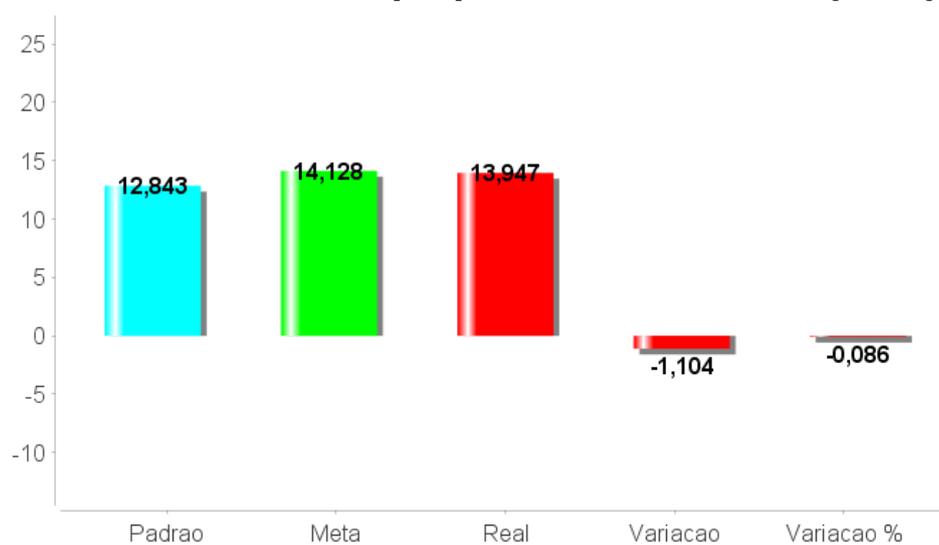
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se uma variação desfavorável de 0,039%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

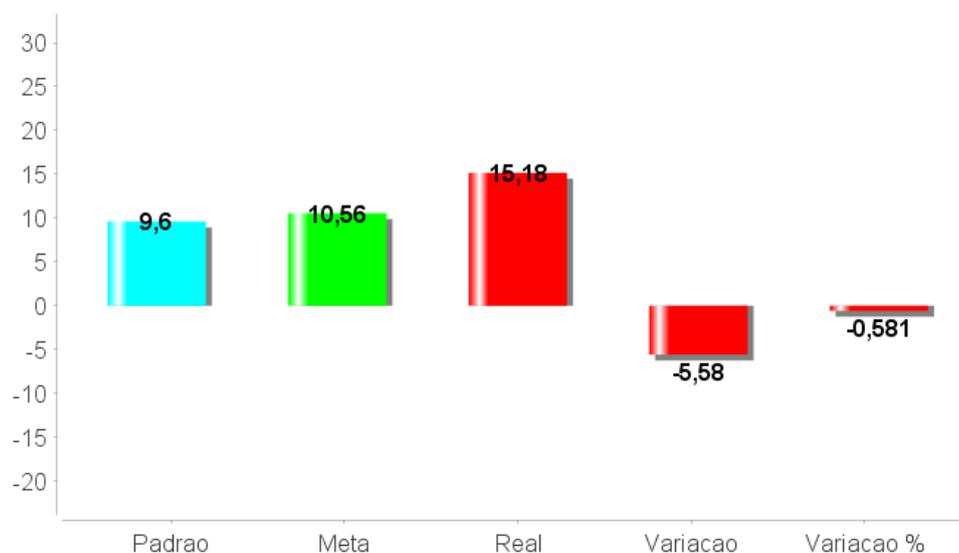
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 8,6%. Ou seja, um aumento de 2,467 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

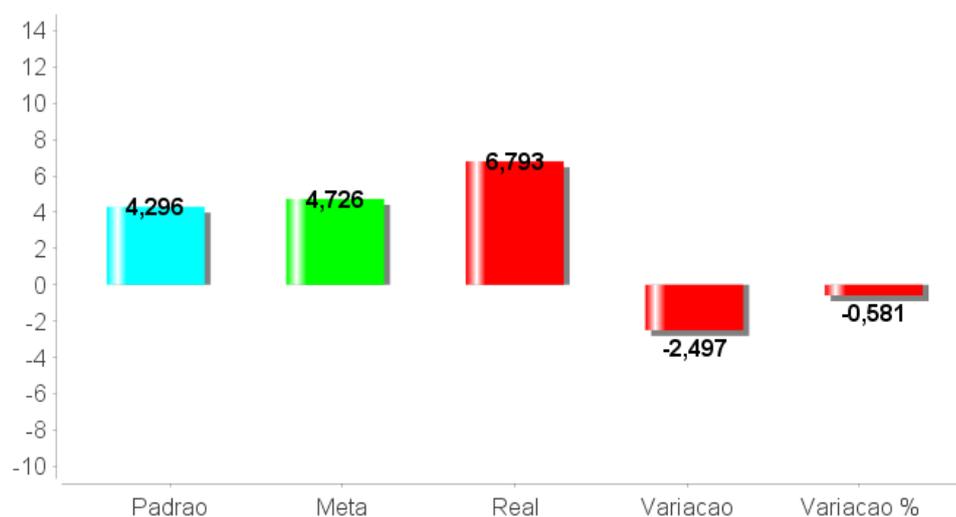
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 0,086%, e um aumento de R\$/m 1,104 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

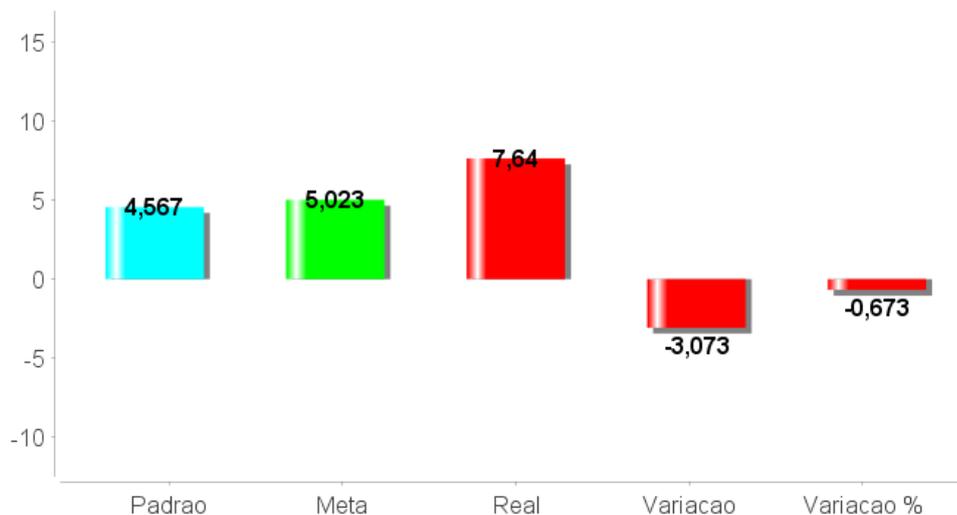
Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 58,10%. Ou seja, um aumento de 5,58 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão uma variação desfavorável de 58,10%, e um aumento de R\$/m 2,497 por metro de chapa soldada.

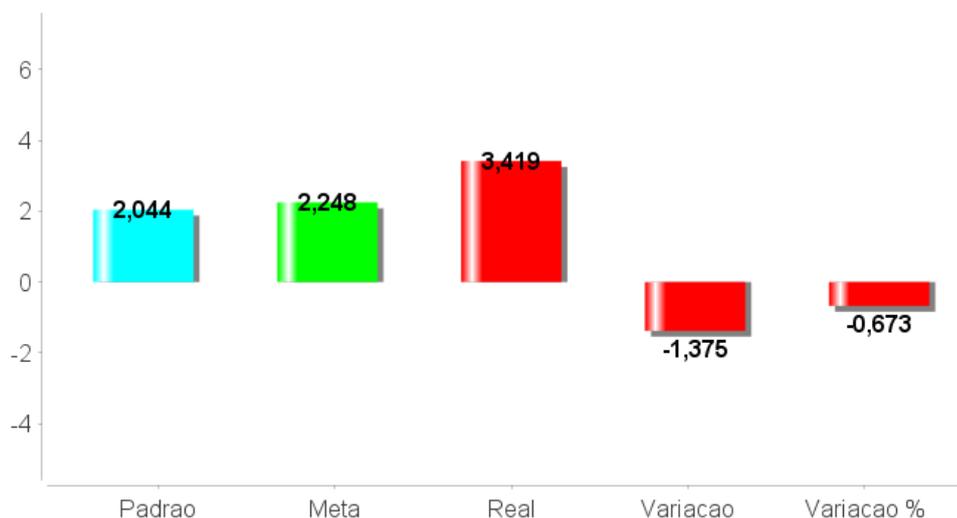
**Gráfico 25 - Tempo operacional de espera para esfriamento (min/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

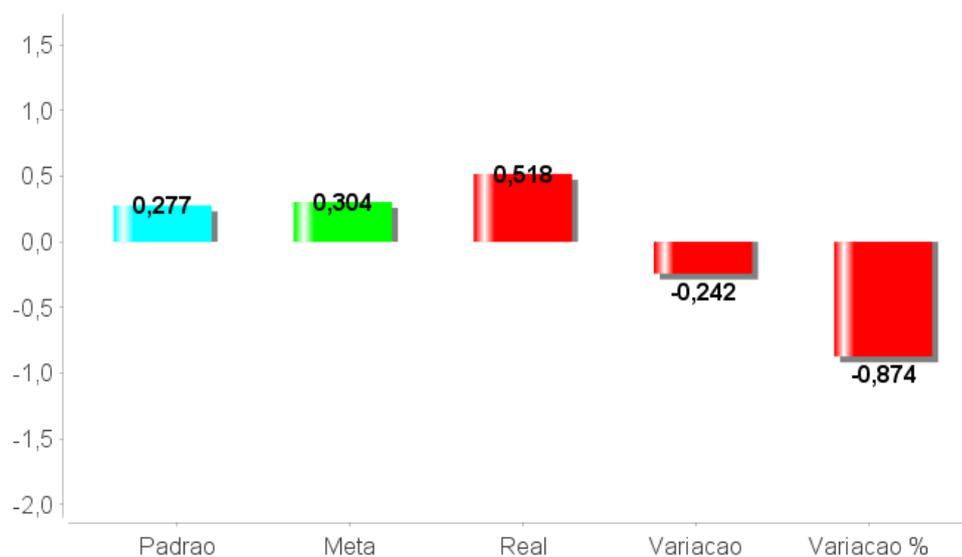
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 67,3%. Ou seja, um aumento de 3,073 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 26 - Custo do tempo operacional de espera esfriamento (R\$/m)**



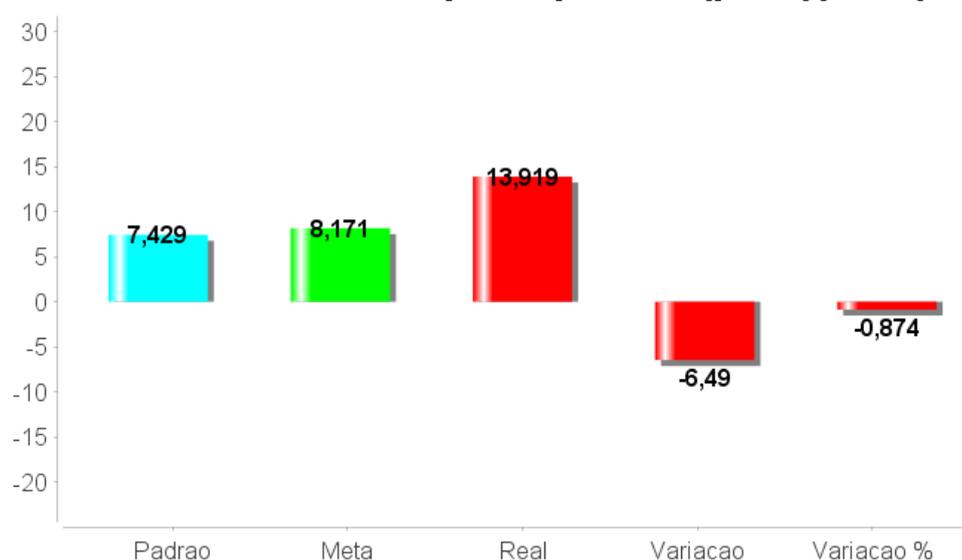
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 67,30%, e um aumento de R\$/m 1,375 metro de chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 87,4%. Ou seja, um aumento de 0,242 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 87,4%, e um aumento de R\$/m 6,49 metro de chapa soldada.

### 5.3 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A”

A tabela 27 que apresenta os dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A” para este experimento.

Tabela 27- Dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A”

DADOS DA ENTRADA PADRAO					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.0000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="190.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.5473"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:06:56"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:03:21"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:52"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão corrente foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% conforme os métodos de trabalhos, na ocasião, praticados neste estaleiro.

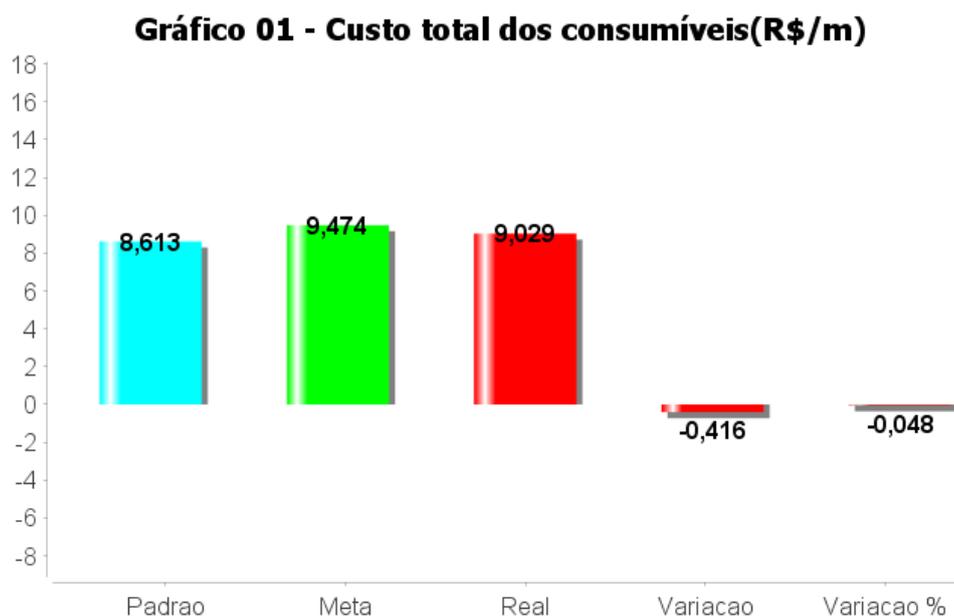
A tabela 28 que apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”, para este experimento.

Tabela 28 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”

DADOS DA ENTRADA REAL					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.0000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="190.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="10.2336"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:11:59"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:53:25"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:48:03"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

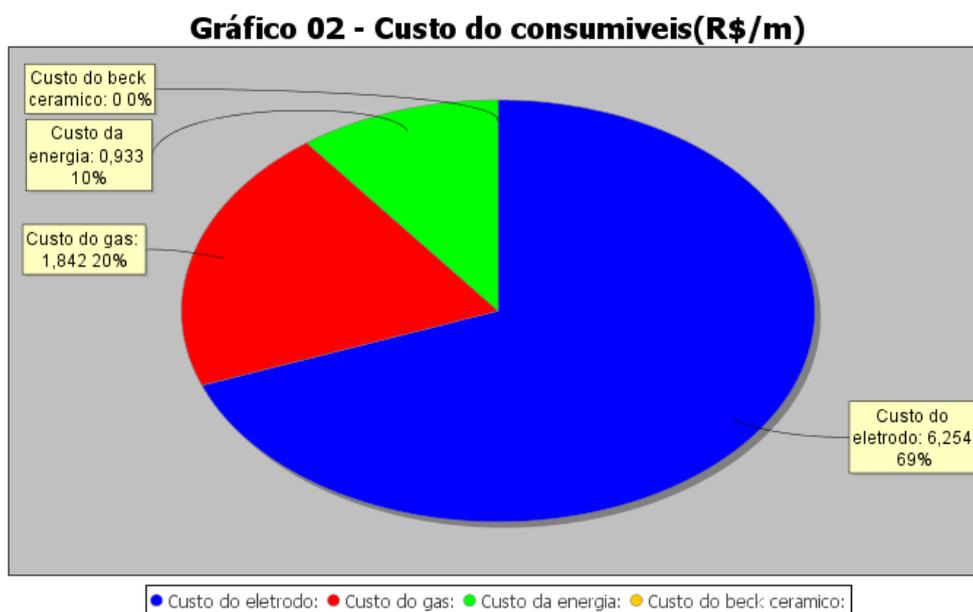
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através do acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica em 5,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, ou seja, a velocidade do operador. A soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.



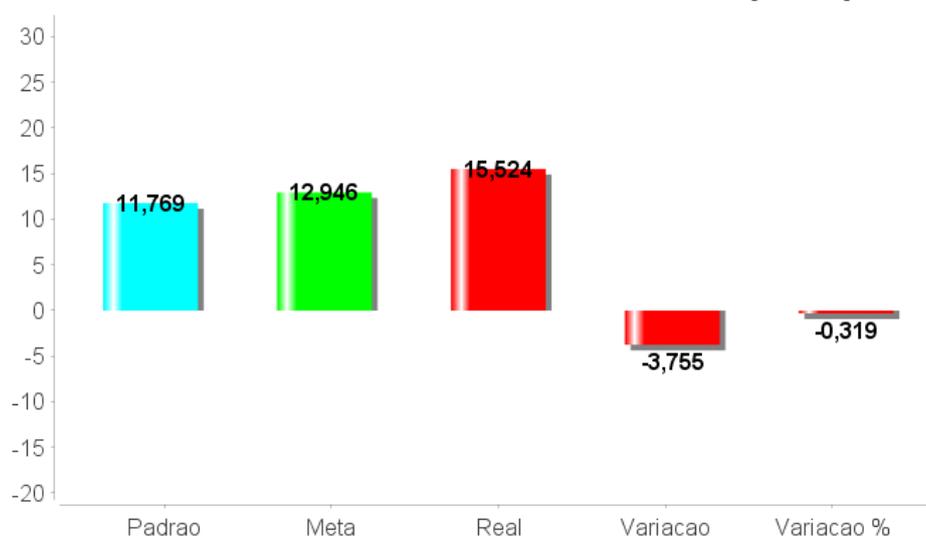
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,8%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 0,416 com os custos primários.



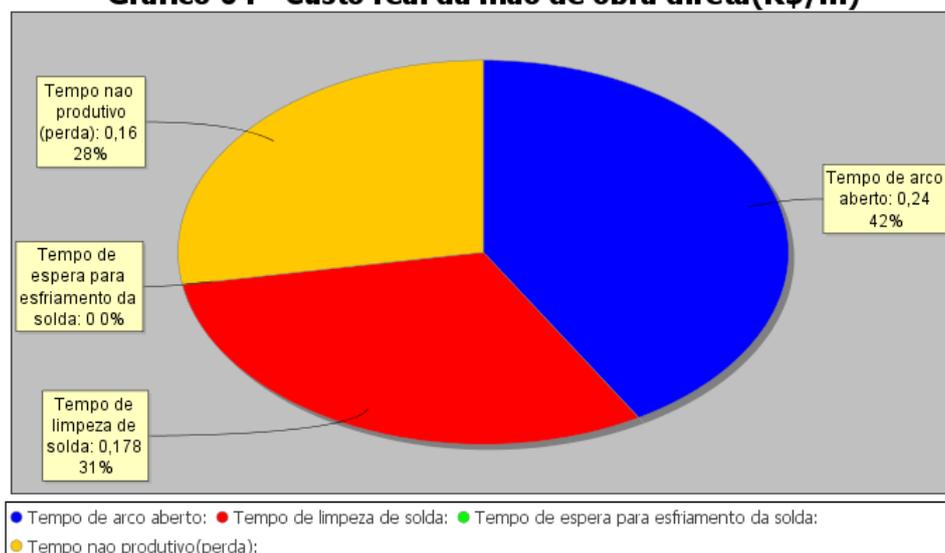
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico a cima a participação do custo de cada consumível no custo total deles. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletrodo, com 69% e no custo do gás, com 20%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

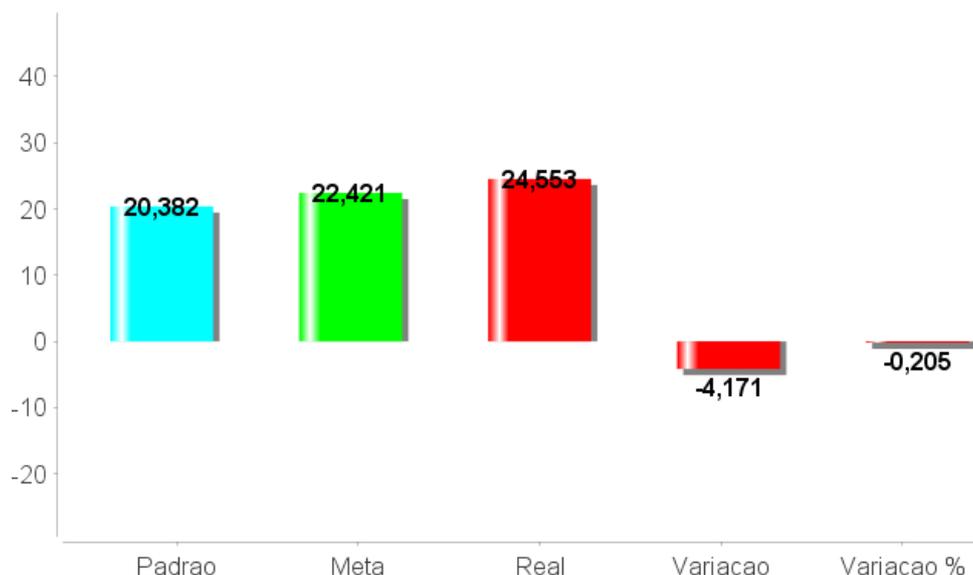
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 31,90%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 3,755 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

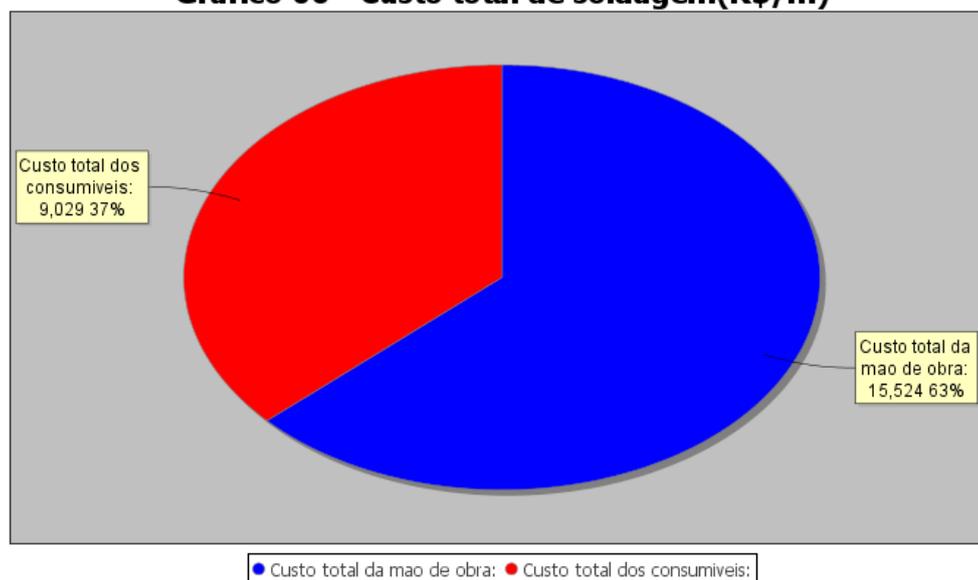
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico a cima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo de limpeza da solda, respectivamente com 42% e 31%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

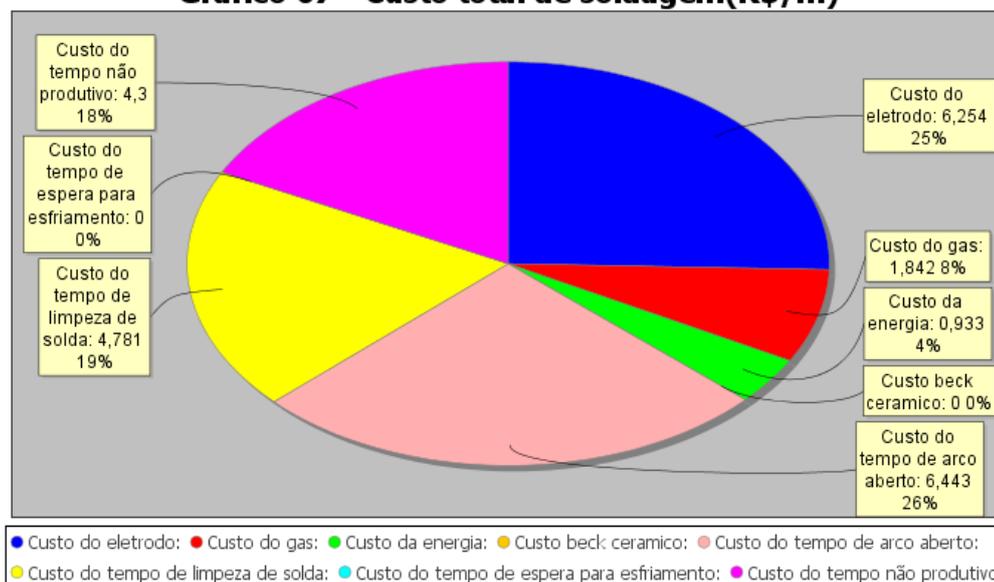
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 20,5%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 4,171 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

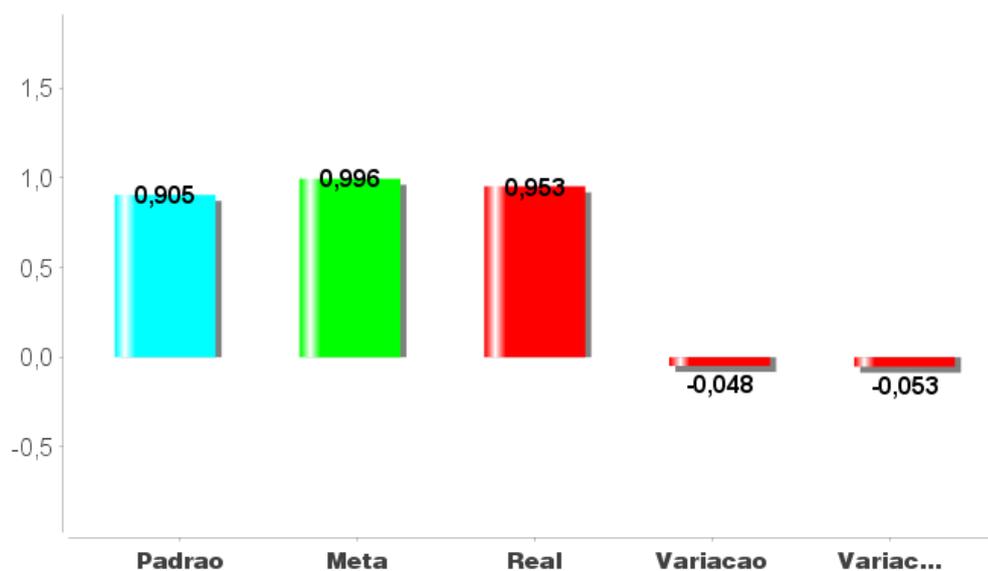
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 37% e da mão de obra com 63%, com relação ao custo total deles.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

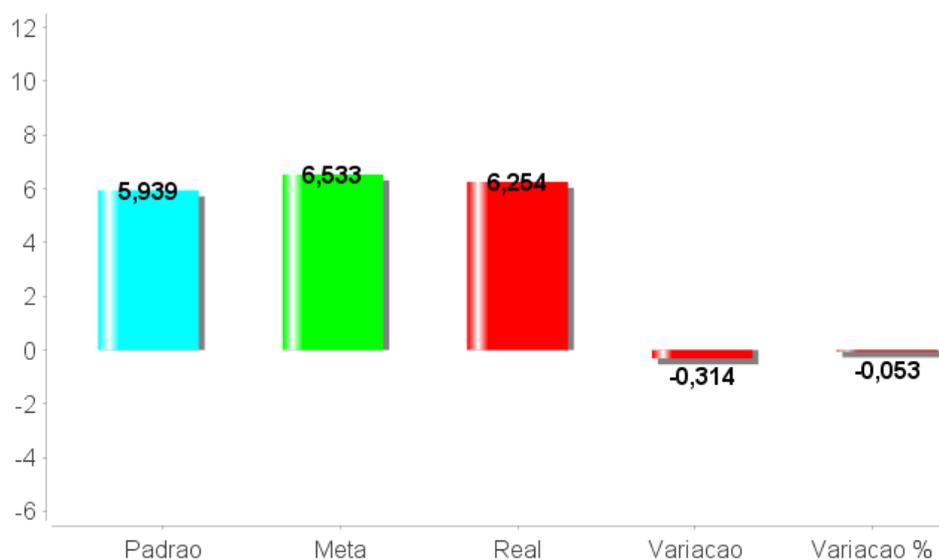
Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 26% e 25%.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 5,30%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,048 de chapa soldada.

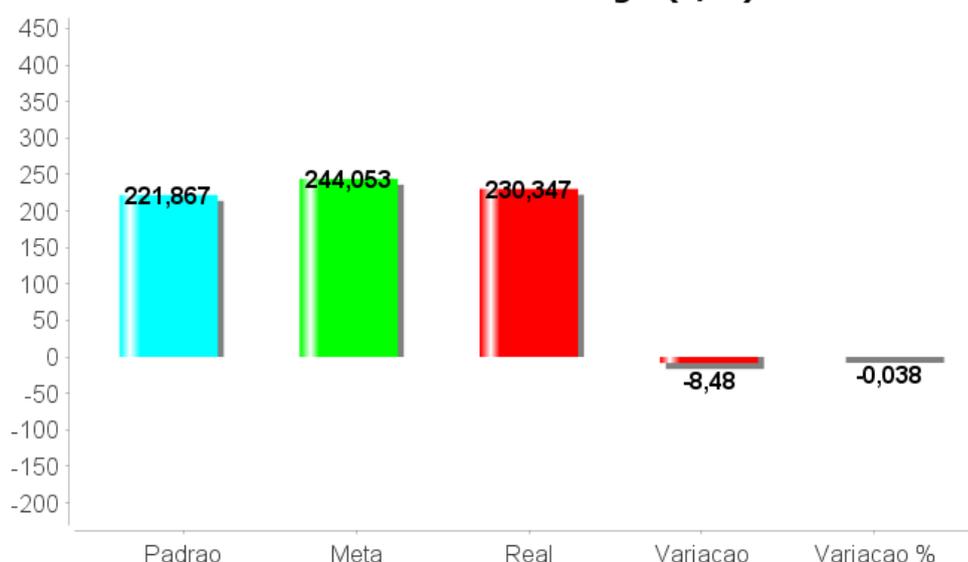
**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

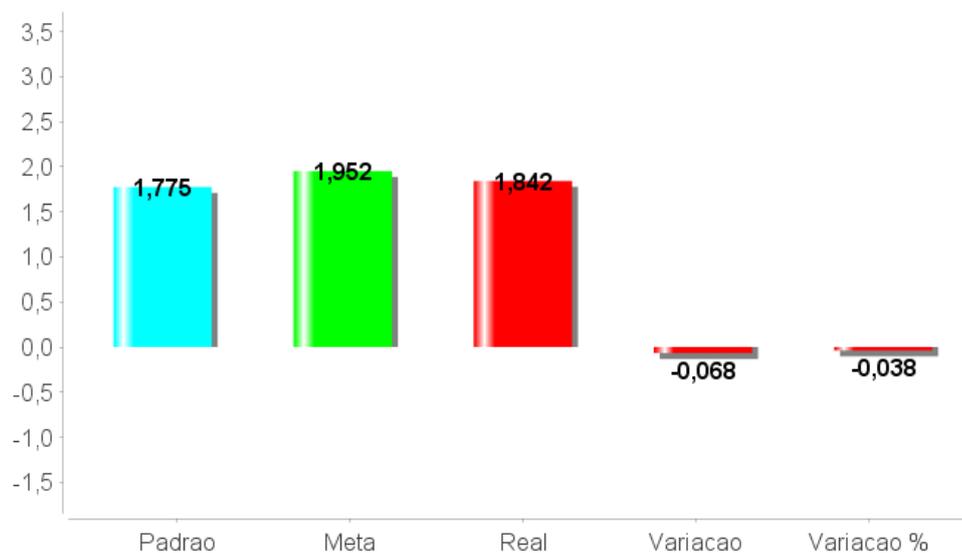
Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 5,3%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,314 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**



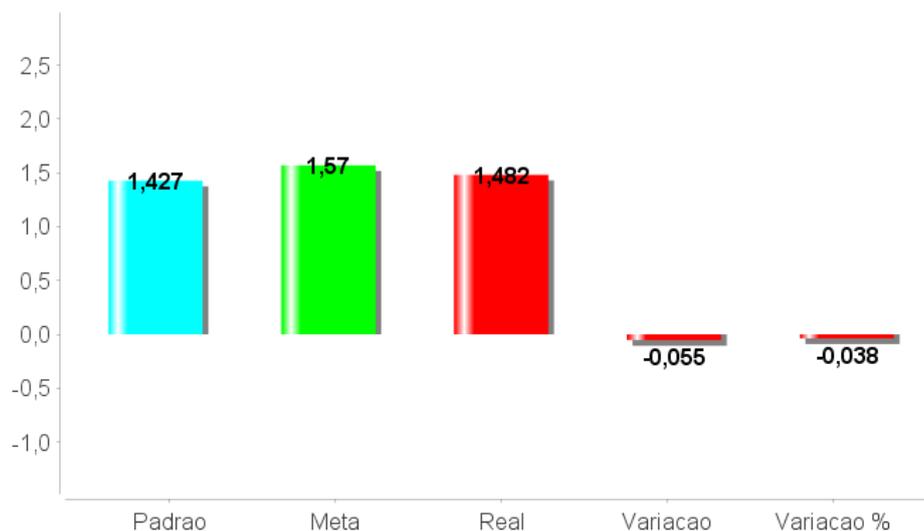
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,8%. Ou seja, um consumo a maior de l/m 8,48 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

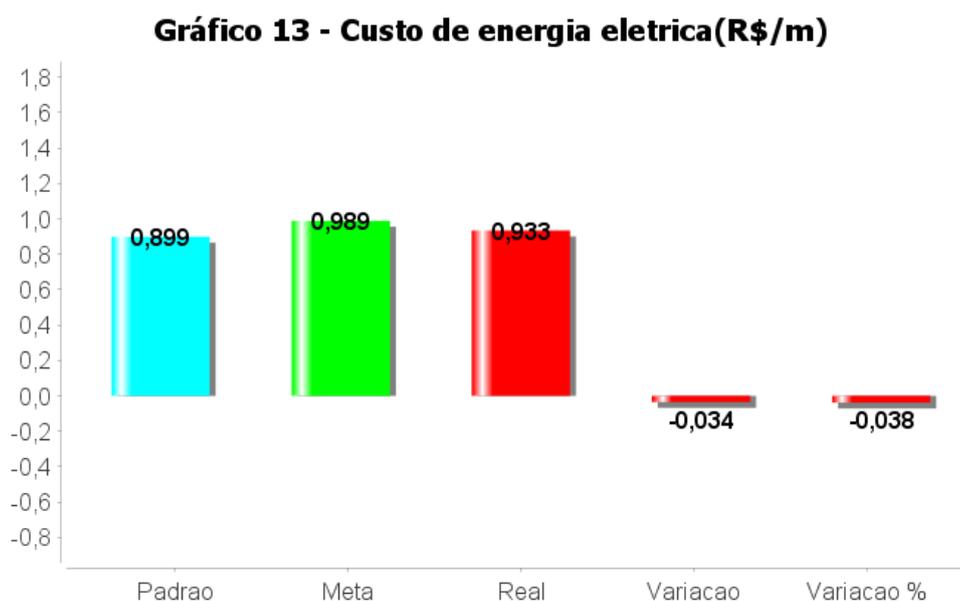
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,8%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,068 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia elétrica(Kwh/m)**

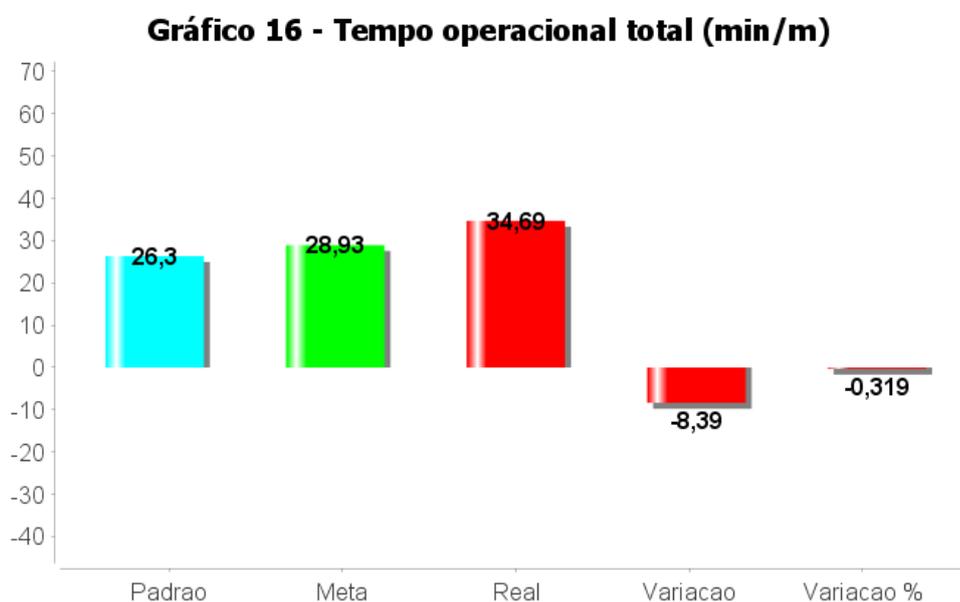
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,80%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,055 de chapa soldada.



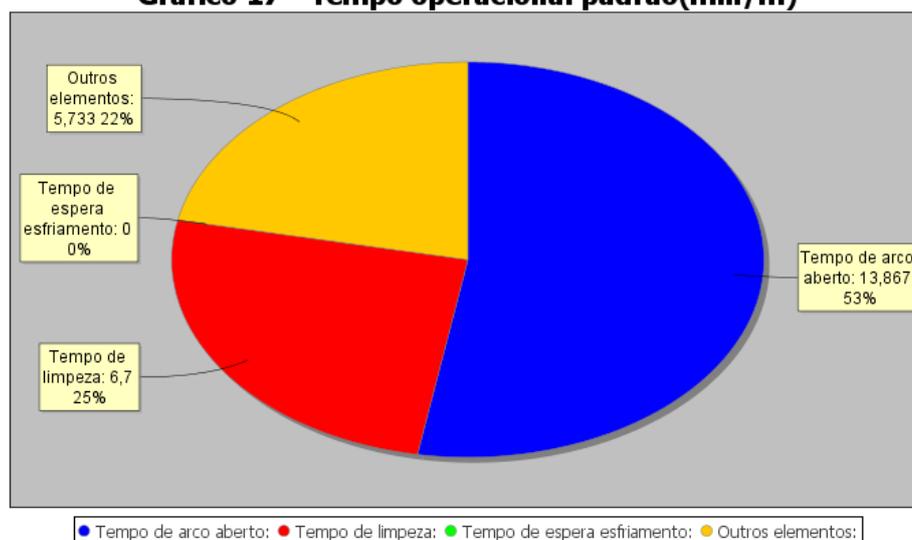
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,8%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,034 de chapa soldada.



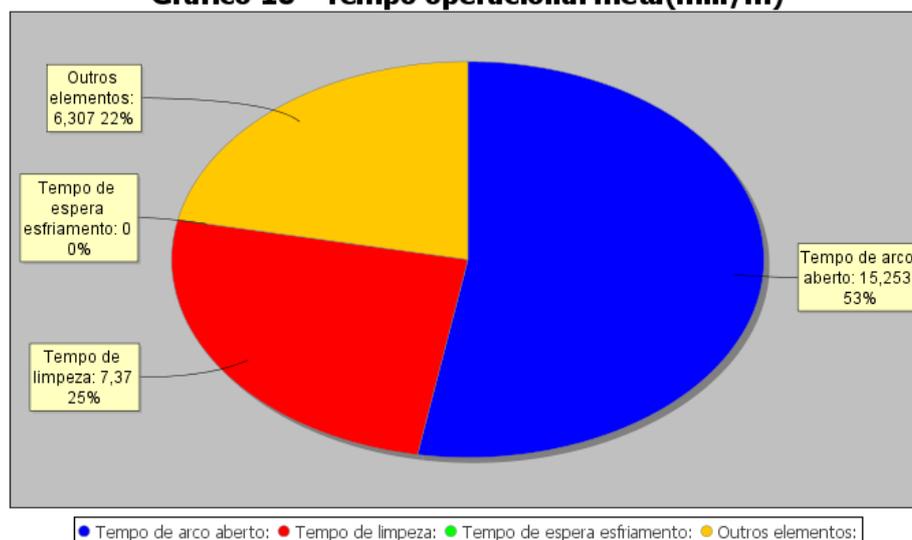
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 31,9%. Ou seja, um tempo superior de 8,39 por minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

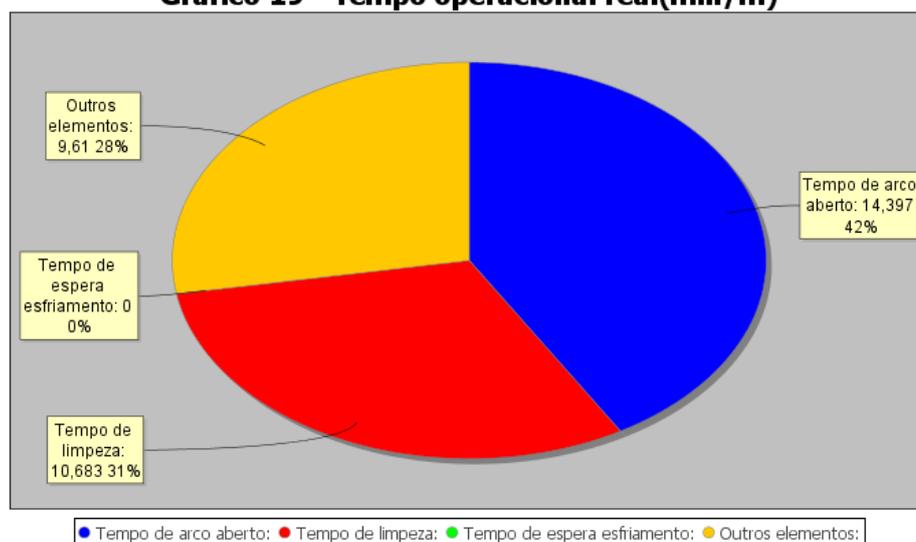
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação, dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando a engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior, com relação ao tempo padrão.

**Gráfico 19 - Tempo operacional real(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

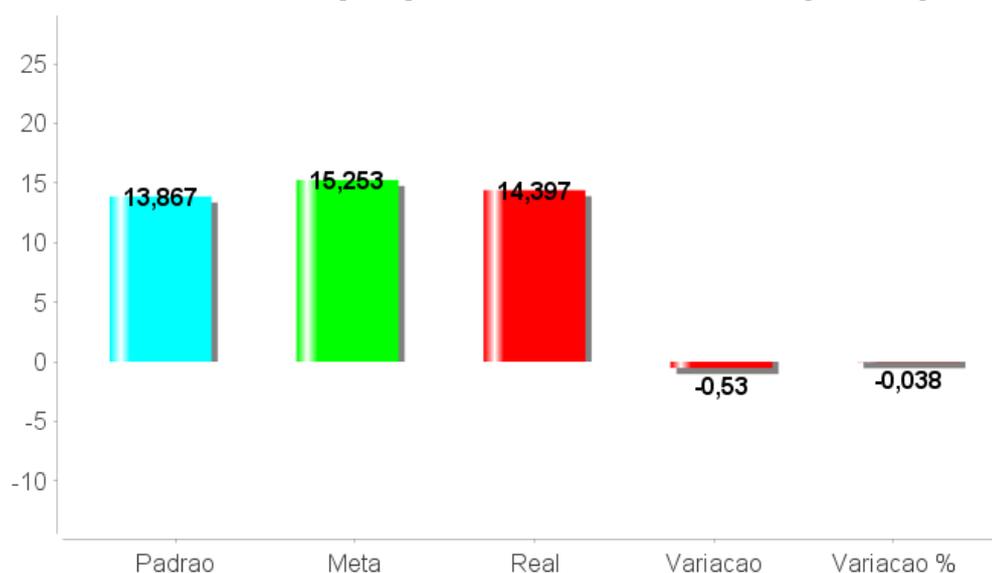
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.

**Gráfico 20 - Taxa de deposicao(Kg/h)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se um variação desfavorável de 1,4%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

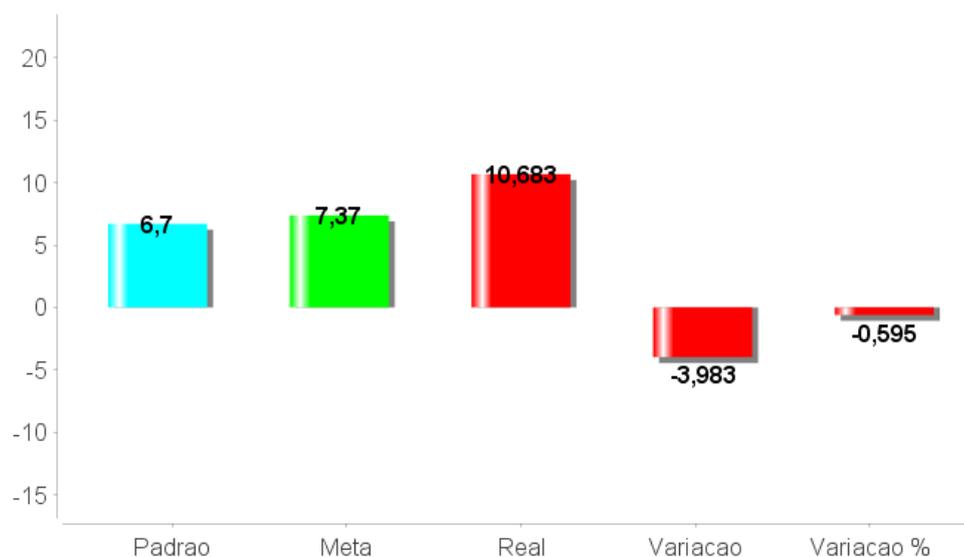
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 3,8%. Ou seja, um aumento de 0,53 minutos por metro por chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

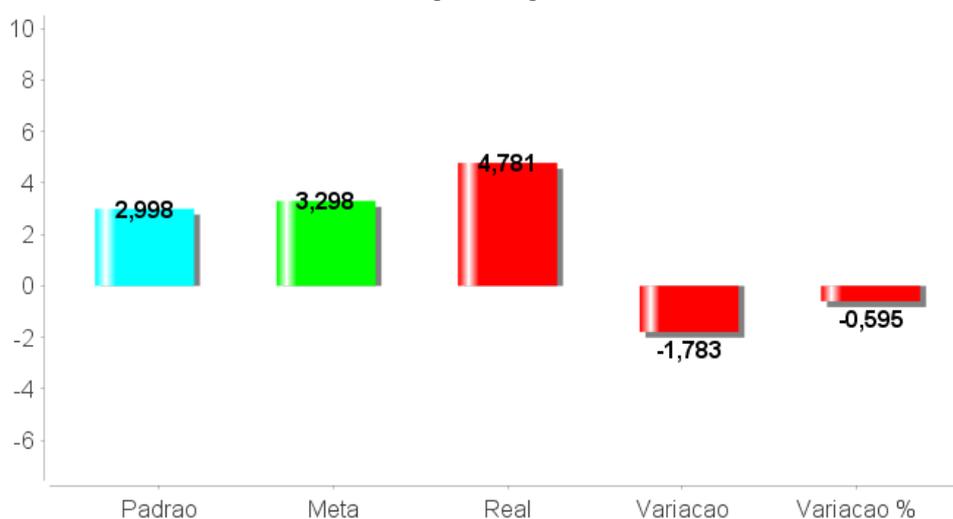
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 3,8%, e um aumento de R\$/m 0,237 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

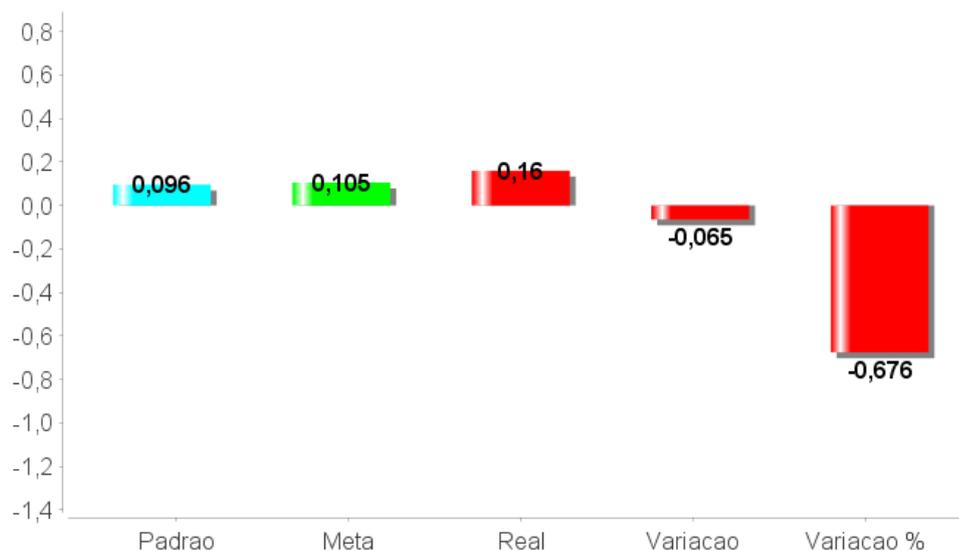
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 59,5%. Ou seja, um aumento de 3,983 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão uma variação desfavorável de 59,5%, e um aumento de R\$/m 1,783 de chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo não produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 67,60%. Ou seja, um aumento de 0,065 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo não produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão uma variação desfavorável de 67,6%, e um aumento de R\$/m 1,735 de chapa soldada.

#### 5.4 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 3F, COM AÇÕ ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “A”

A tabela 29 apresenta os dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A” para este experimento.

Tabela 29 - dados que foram coletados e imputados para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento do estaleiro “A”.

DADOS DA ENTRADA PADRAO				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="25.0000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.5163"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:08:20"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:03:28"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:45"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão corrente foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% conforme os métodos de trabalhos, na ocasião, praticados neste estaleiro.

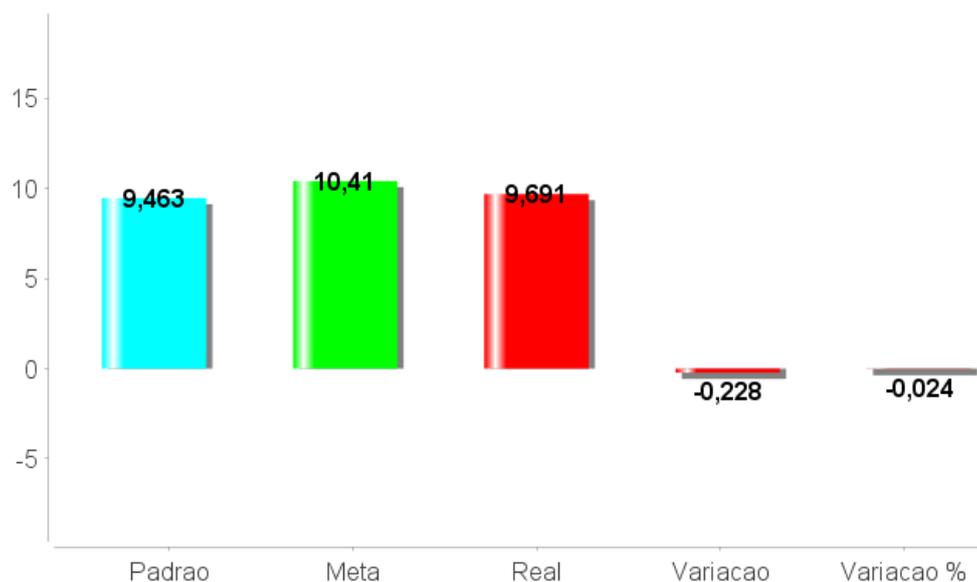
A tabela 30 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”, para este experimento.

Tabela 30 - dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica do estaleiro “A”.

DADOS DA ENTRADA REAL				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="25.0000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="10.0663"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:26:02"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:02:38"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:52:50"/>			

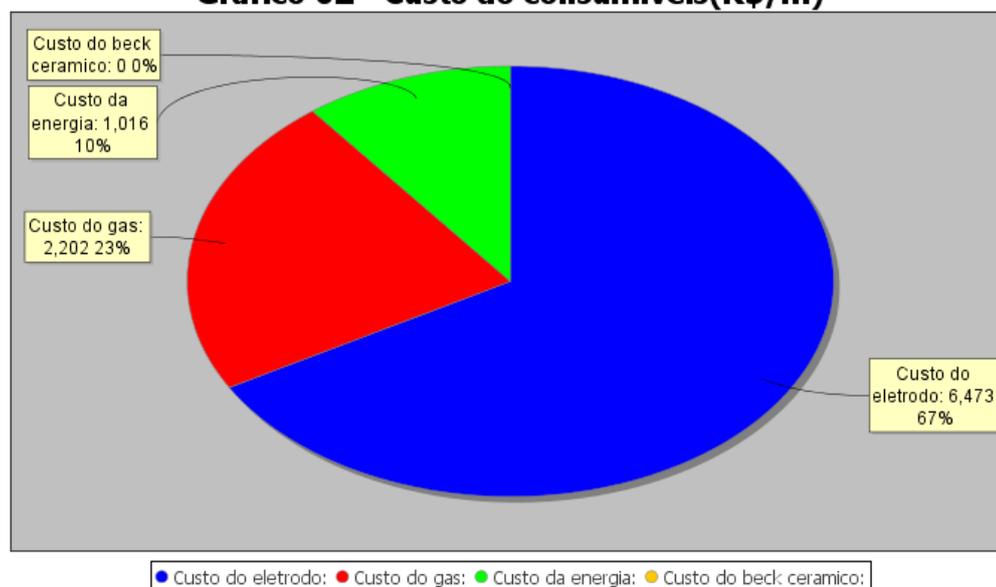
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica em 12,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, ou seja, a velocidade do operador, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

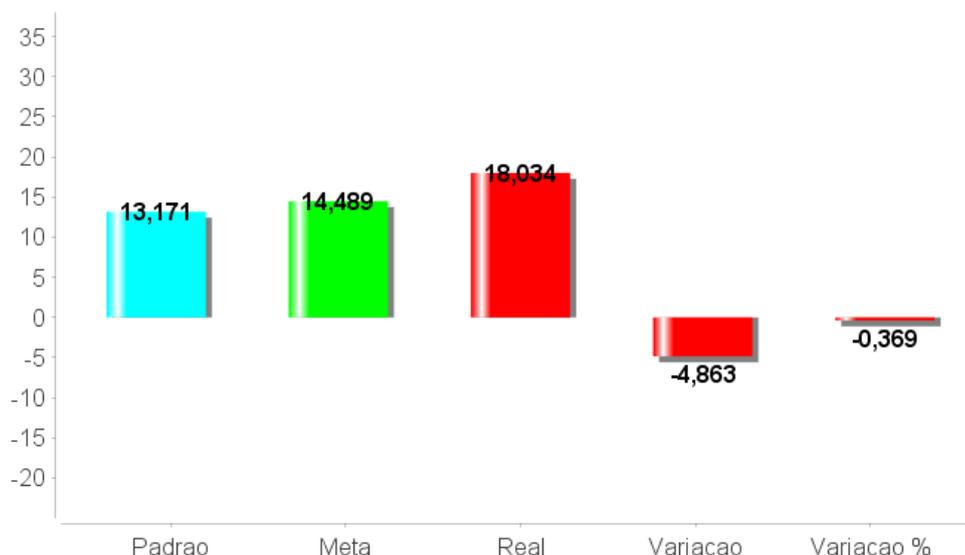
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 2,4%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 0,228 com os custos primários dos consumíveis.

**Gráfico 02 - Custo do consumiveis(R\$/m)**

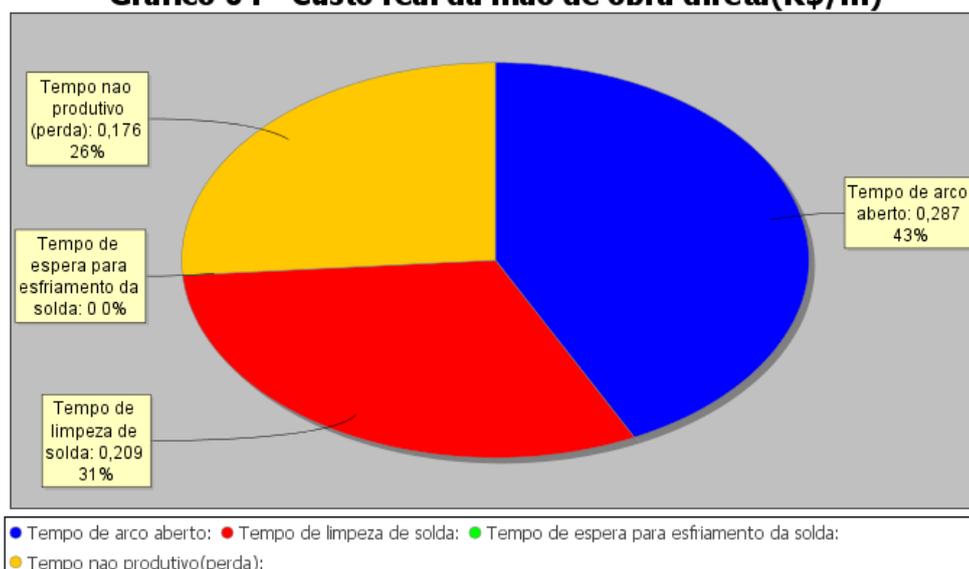
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletro e no custo do gás, respectivamente com 67% e 23%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

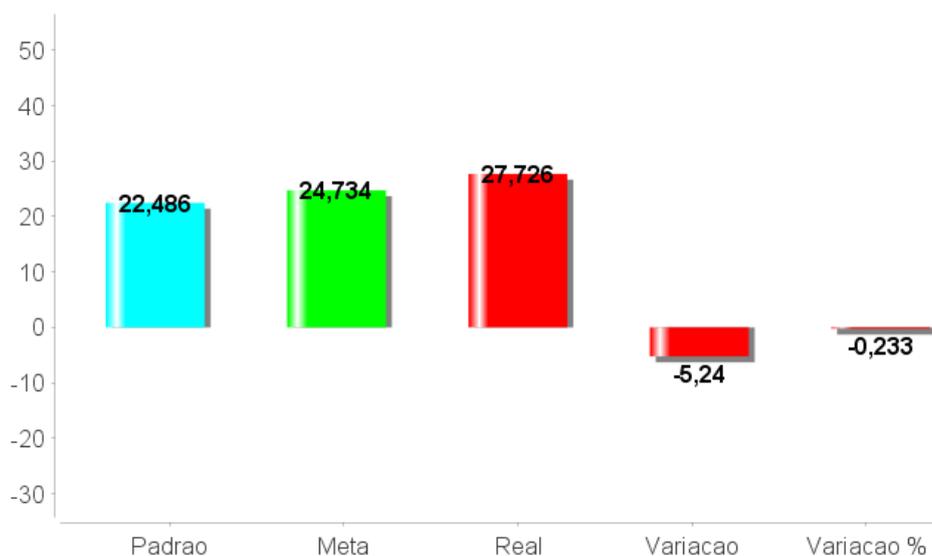
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 36,90%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 4,863 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

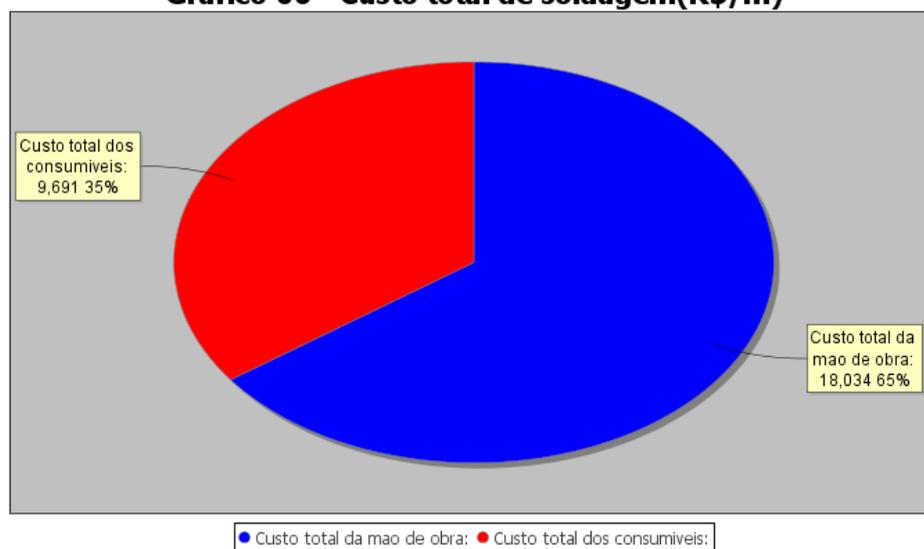
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo de limpeza da solda, respectivamente com 43% e 31%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

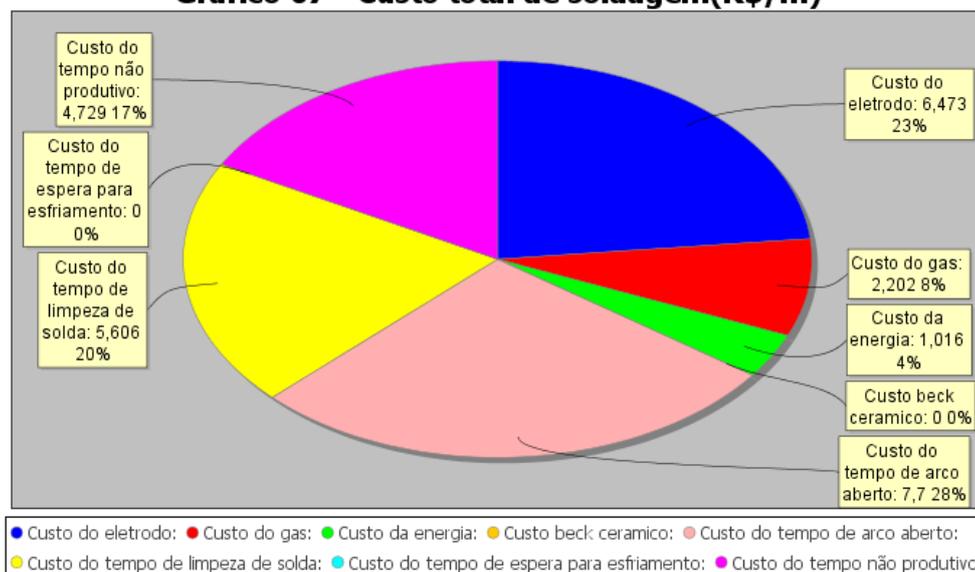
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 23,30%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 5,24 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

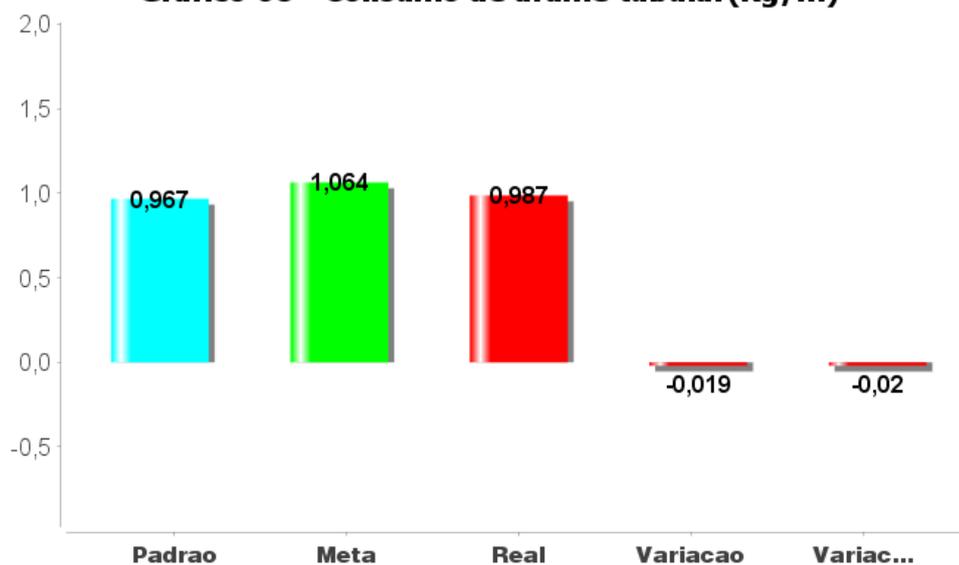
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 35% e da mão de obra com 65% com relação ao custo total deles.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

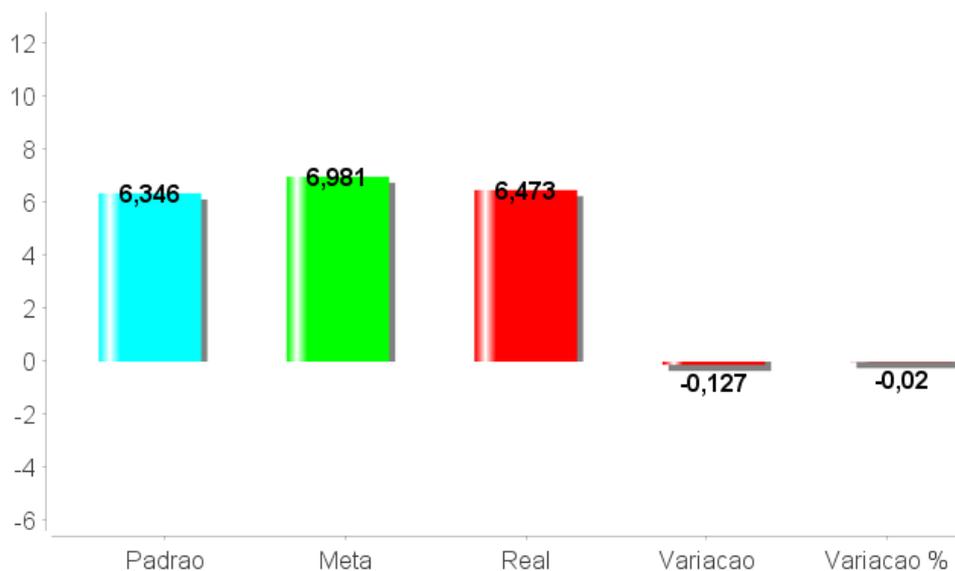
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo 28% e 23% respectivamente.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

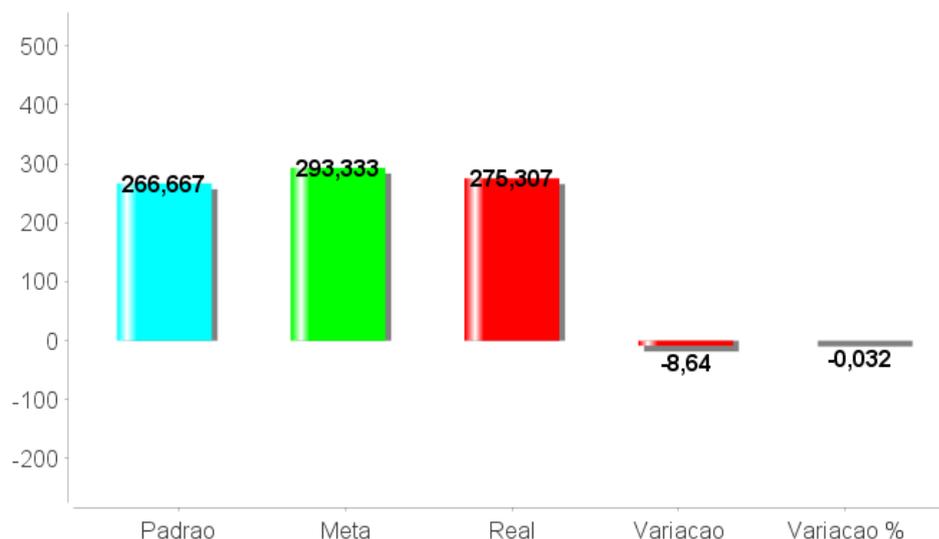
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 2,0%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,019 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**

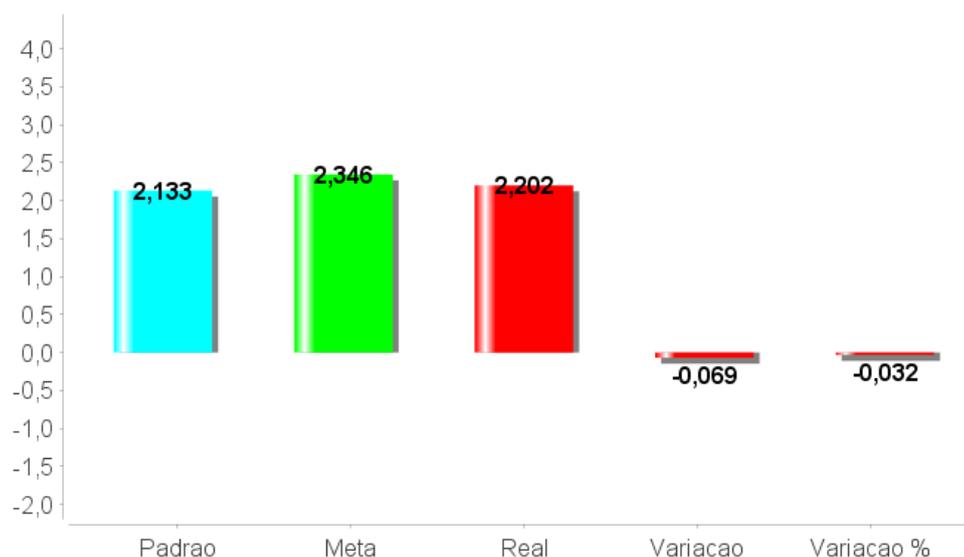
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 2%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,127 para cada metro de chapa soldada.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**

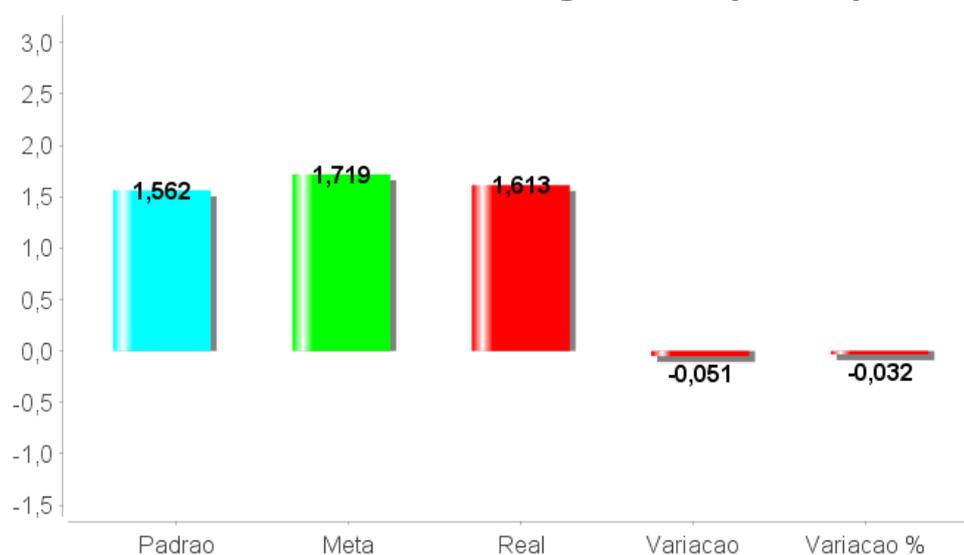
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 3,2%. Ou seja, um consumo superior de l/m 8,64, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

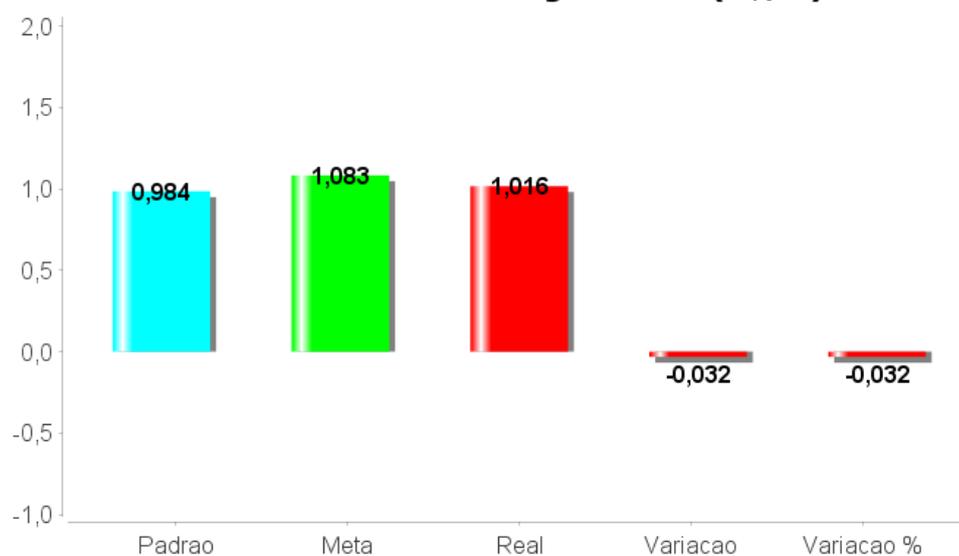
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 3,2%. Ou seja, um custo a superior de R\$/m 0,069 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia eletrica(Kwh/m)**

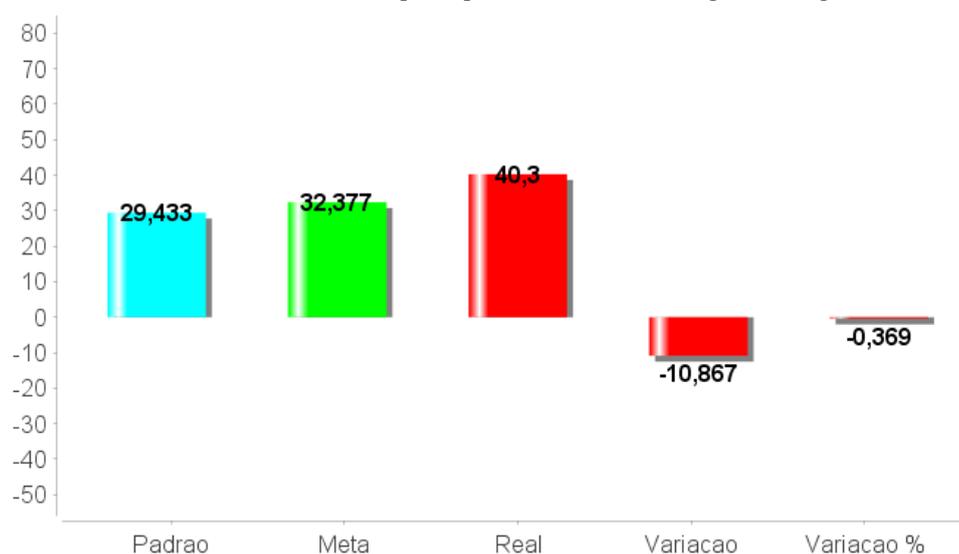
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,2%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,051 de chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

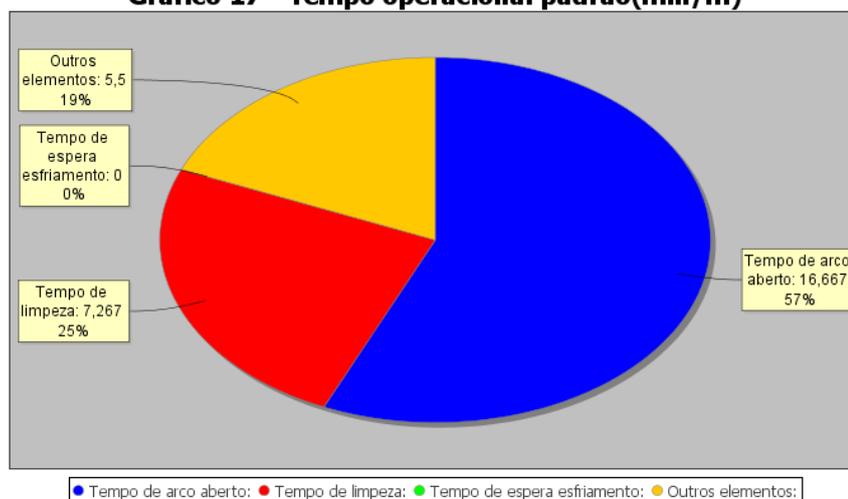
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 0,032. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,032.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

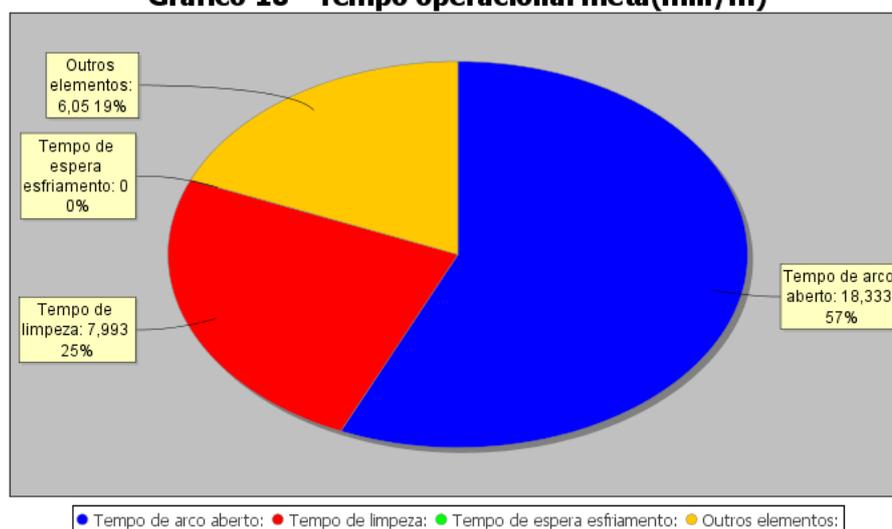
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 3,69%. Ou seja, um tempo superior de 10,867 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima, a participação, dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

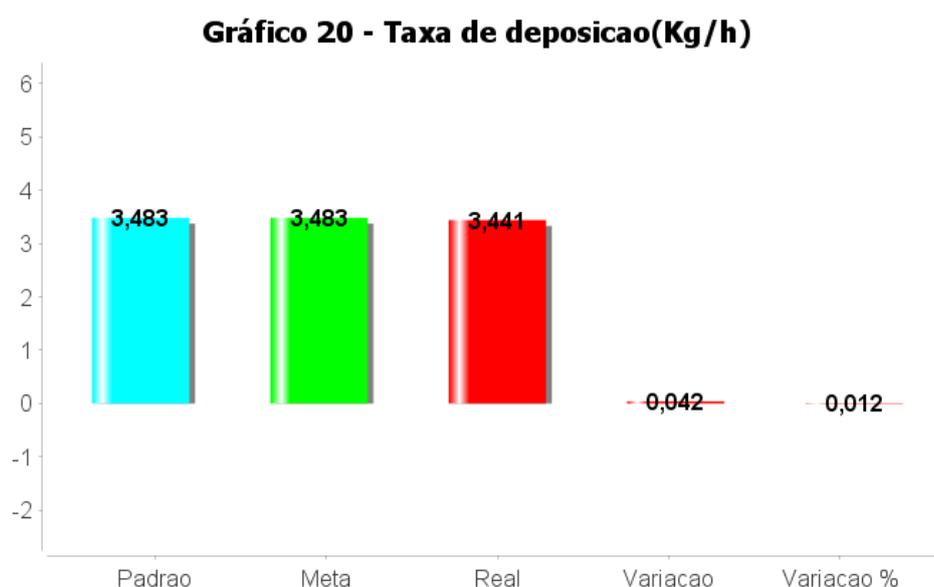
O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior, com relação ao tempo padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor

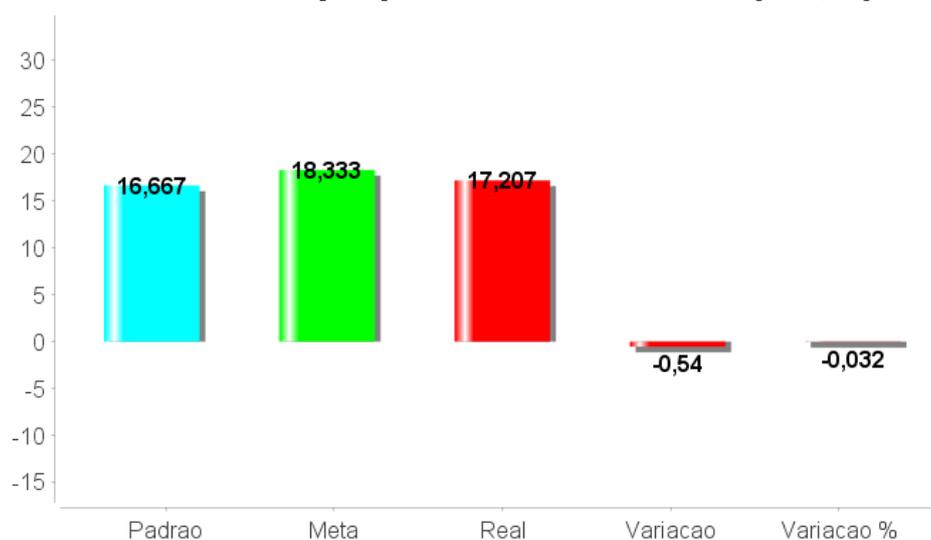
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.



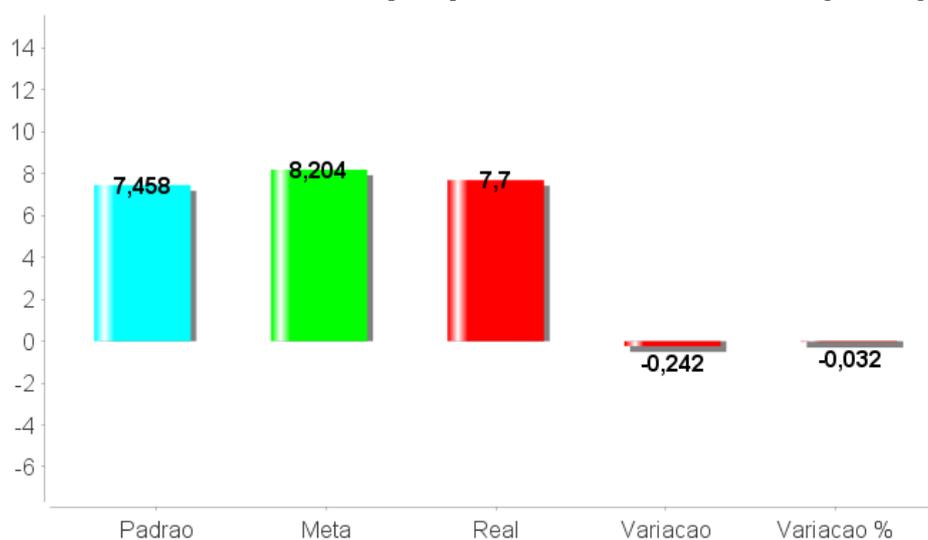
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se um variação desfavorável de 0,1,2%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

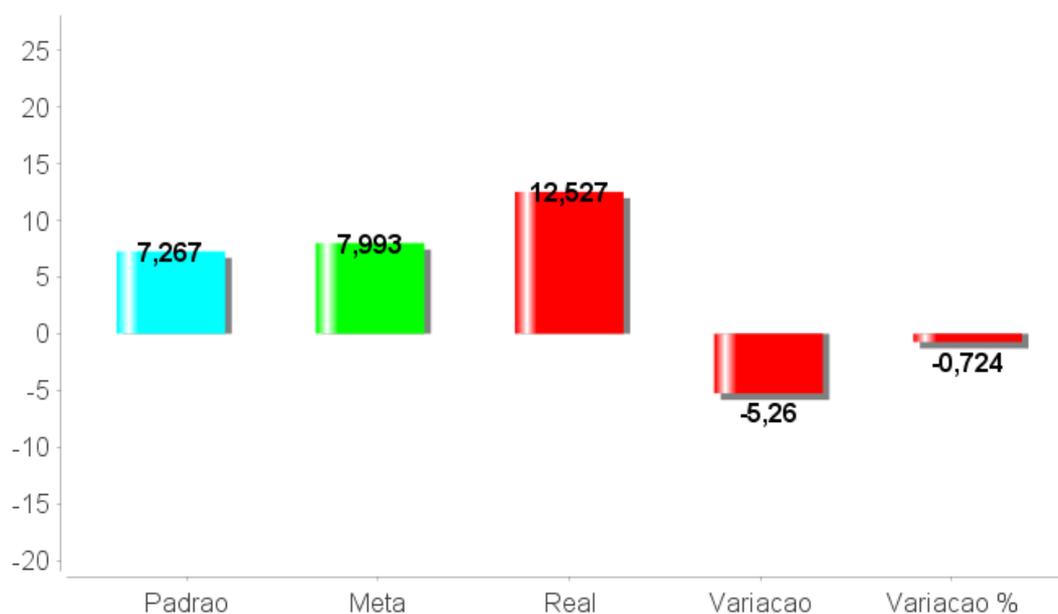
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 3,2%. Ou seja, um aumento de 0,54 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

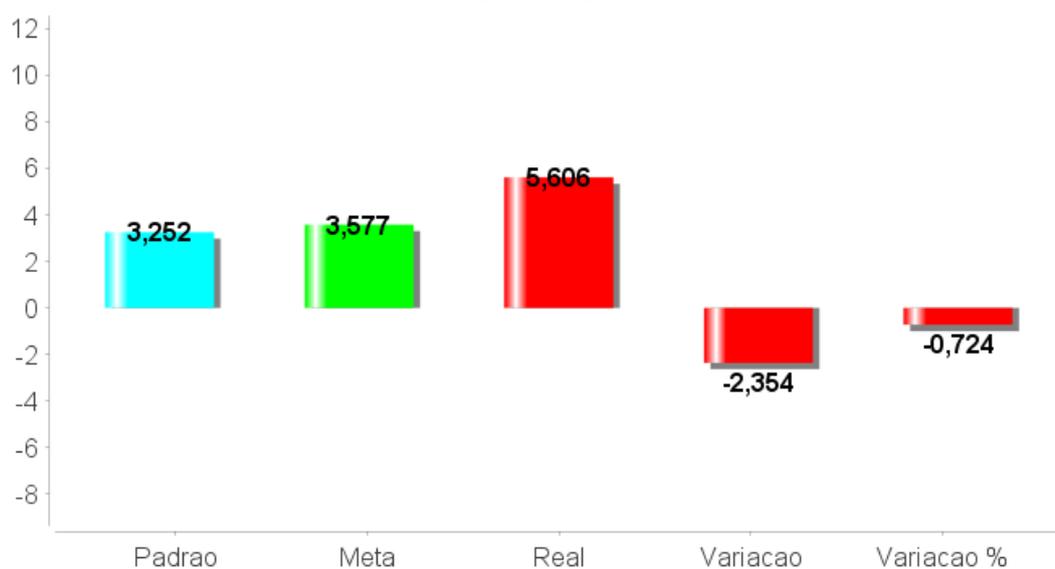
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 3,2%, e um aumento de R\$/m 0,242 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

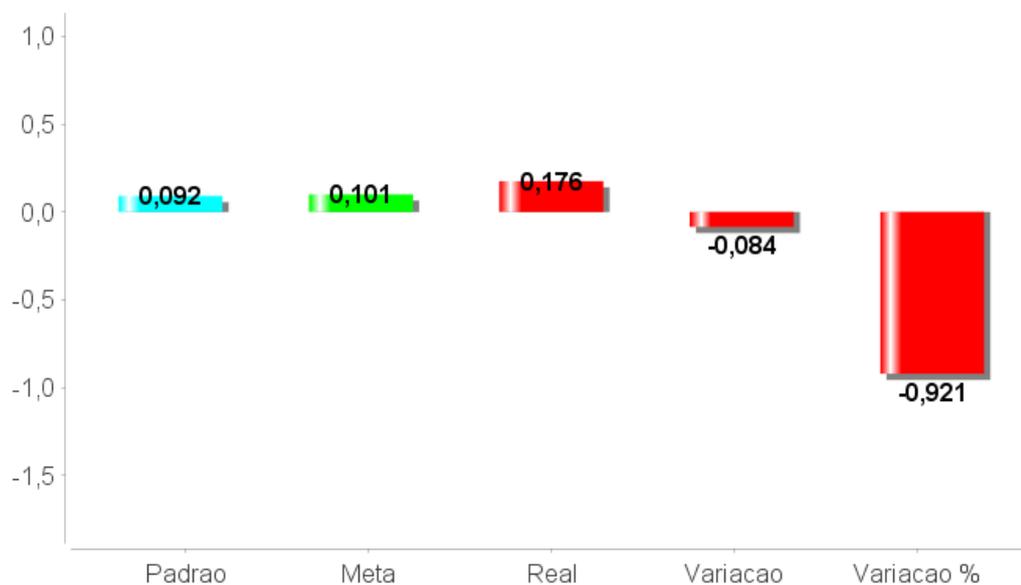
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 72,4%. Ou seja, um aumento de 5,26 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

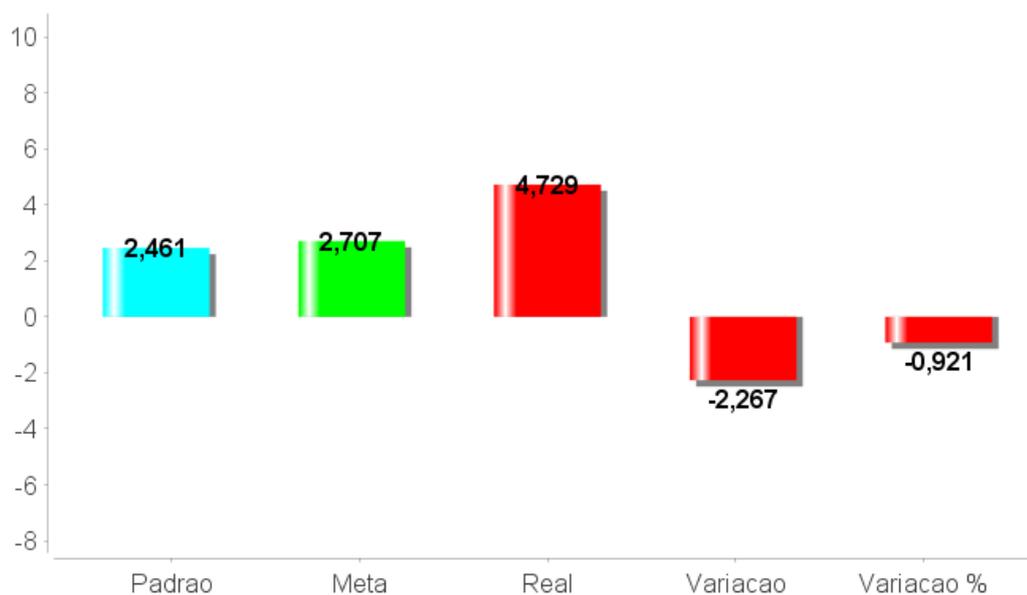
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 72,4%, e um aumento de R\$/m 2,354 por chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 92,21%. Ou seja, um aumento de 0,084 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 92,1%, e um aumento de R\$/m 2,267 de chapa soldada.

## 5.5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “A” NAS POSIÇÕES 1G e 2G

Para efeito de comparação na Tabela 31 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “A”.

Tabela 31 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “A”

Tabela comparativa dos custos entre as posições de soldagem 1G e 2G no estaleiro "A"														
Posição de soldagem:	1G					2G					Diferença (1G - 2G)			
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	45,936	59,754	100%	13,818	30,08%	38,149	50,648	100%	12,50	32,76%	7,79	16,95%	9,11	15,24%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	12,940	14,033	23,48%	1,093	8,45%	11,538	12,571	24,82%	1,033	8,95%	1,40	10,83%	1,46	10,42%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	32,996	45,721	76,52%	12,725	38,57%	26,611	38,078	75,18%	11,47	43,09%	6,39	19,35%	7,64	16,72%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,981	1,020	1,71%	0,039	3,98%	0,871	0,909	1,79%	0,04	4,36%	0,11	11,21%	0,11	10,88%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	4,343	4,682	7,84%	0,339	7,81%	3,673	3,988	7,87%	0,32	8,58%	0,67	15,43%	0,69	14,82%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	15,185	16,371	27,40%	1,186	7,81%	12,843	13,970	27,58%	1,13	8,78%	2,34	15,42%	2,40	14,67%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	8,771	13,303	22,26%	4,532	51,67%	4,296	6,793	13,41%	2,50	58,12%	4,48	51,02%	6,51	48,94%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	2,116	2,282	3,82%	0,166	7,84%	1,495	1,623	3,20%	0,13	8,56%	0,62	29,35%	0,66	28,88%
Gráfico 15 – Custo de back cerâmico (R\$/m)	5,500	6,050	10,12%	0,550	10,00%	5,500	6,050	11,95%	0,55	10,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m)	4,937	8,018	13,42%	3,081	62,41%	2,044	3,419	6,75%	0,49	24,17%	2,89	58,60%	4,60	57,36%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	4,102	8,030	13,44%	3,928	95,76%	7,429	13,919	27,48%	6,49	87,36%	-3,33	-81,11%	-5,89	-73,34%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 1G, apresenta uma menor variação na maioria dos seus custos na composição do custo total de soldagem, porém, quando comparado com o custo padrão na posição 2G, o custo total de soldagem da posição 1G é 7,79 R\$/m superior ao da posição 2G, representando 16,95% a mais. O maior responsável por essa diferença está no custo total da mão de obra, com R\$/m 6,38 superior em relação à posição 2G, representando 19,35% a mais. Quando comparado com o custo real da posição 1G com o da posição 2G, o custo total de soldagem é 9,11 R\$/m superior ao da posição 2G, representando 15,24% a mais. O maior responsável por essa diferença está no custo total da mão de obra, com R\$/m 7,64 superior em relação à posição 2G, representando 16,72% a mais. Na construção de um navio a quantidade de solda na posição 1G é superior a da posição 2G, essa é uma das razões para que os gestores estejam atentos as causa raiz dessas diferenças, e fazer trabalhos de melhorias no processo de soldagem na posição 1G.

## 5.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “A” NAS POSIÇÕES 2F e 3F

Para efeito de comparação na Tabela 32 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 2F e 3F no estaleiro “A”.

Tabela 32 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1F e 2F no estaleiro “A”

Tabela comparativa dos custos entre as posições de soldagem 2F e 3F no estaleiro "A"														
Posição de soldagem:	2F					3F					Diferença (2F- 3F)			
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$)	Variação %	Padrão	Real		Variação (R\$)	Variação %	Padrão		Real	
		Valor	Part %	(Real x Padrão)	(Real x Padrão)		Valor	Part %	(Real x Padrão)	(Real x Padrão)	Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	14,839	18,716	100%	3,877	26,13%	16,712	21,684	100%	4,972	29,75%	-1,873	-2,968	-1,095	-5,85%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	3,070	3,193	17,06%	0,123	4,01%	3,540	3,650	16,83%	0,110	3,11%	-0,470	-0,457	0,013	0,41%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	11,769	15,524	82,95%	3,755	31,91%	13,171	18,034	83,17%	4,863	36,92%	-1,402	-2,510	-1,108	-7,14%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,396	0,417	2,23%	0,021	5,30%	0,423	0,432	1,99%	0,009	2,13%	-0,027	-0,015	0,012	2,88%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	1,775	1,842	9,84%	0,067	3,77%	2,133	2,202	10,15%	0,069	3,23%	-0,358	-0,360	-0,002	-0,11%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	0,899	0,933	4,99%	0,034	3,78%	0,984	1,016	4,69%	0,032	3,25%	-0,085	-0,083	0,002	0,21%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	6,205	6,443	34,43%	0,238	3,84%	7,458	7,700	35,51%	0,242	3,24%	-1,253	-1,257	-0,004	-0,06%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	2,998	4,781	25,54%	1,783	59,47%	3,252	5,606	25,85%	2,354	72,39%	-0,254	-0,825	-0,571	-11,94%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	2,566	4,300	22,97%	1,734	67,58%	2,461	4,720	21,77%	2,259	91,79%	0,105	-0,420	-0,525	-12,21%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 3F, em todos os seus indicadores que compõem os custos de soldagem, tanto no custo padrão corrente, assim como no custo real, apresentam valores superiores na maioria dos custos em relação aos da posição 2F. Verifica-se que na posição 2F o custo real do total do processo de soldagem é R\$/m 1,095 menor, em relação ao da posição 3F, representando -5,85% a menos. Sendo o custo da mão de obra da posição 2F, responsável maior por esta diferença.

## **6 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS NO ESTALEIRO “B”**

No estaleiro Atlântico Sul, foram realizados quatro estudos de casos, no período de 15 de junho de 2015 a 30 de janeiro de 2017, nos seguintes processos de soldagem:

- 1.FCAW-G*, na posição 1G, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 12mm;
- 2.FCAW-G*, na posição 2G, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 12mm;
- 3.FCAW-G*, na posição 4F, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 14mm e
- 4.FCAW-G*, na posição 2F, com aço *ASTM AH-36*, com espessura de 18mm.

No anexo 02, apresenta a carta de anuência para autorização de pesquisa neste estaleiro.

Nas páginas a seguir estão apresentados os resultados dos experimentos acima citados:

## 6.1 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM em FCAW-G, NA POSIÇÃO 1G, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 12mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B”

A tabela 33 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento neste estaleiro “B”, na posição 1G.

Tabela 33 - Dados que foram coletados e imputados para a determinação no programa computacional em JAVA, do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 1G.

DADOS DA ENTRADA PADRAO				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg):	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="13.9110"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:15:34"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:08:57"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:04:32"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:04:01"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% para os métodos de trabalhos hoje praticados neste estaleiro.

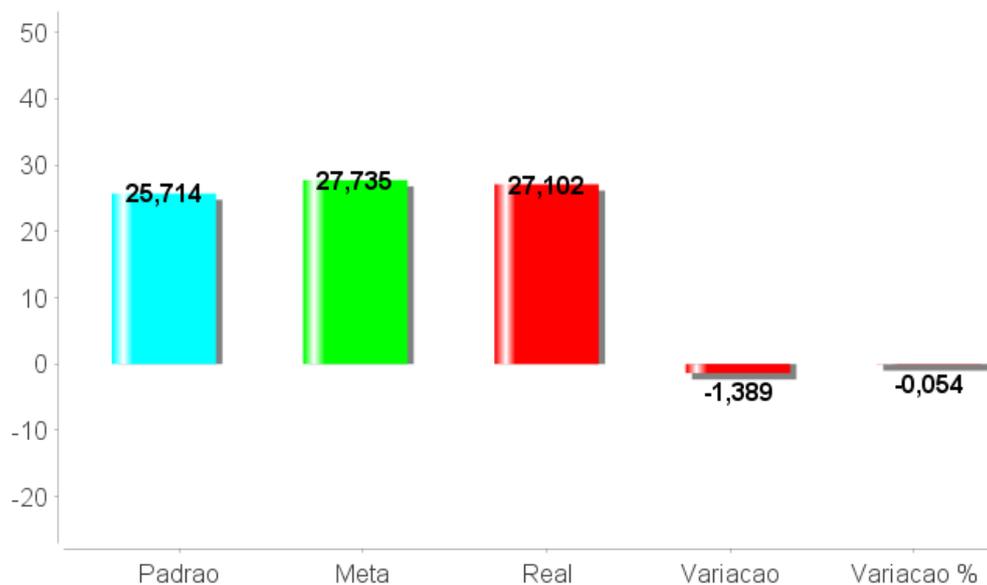
A tabela 34 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 1G, no chão de fábrica do estaleiro “B”, neste estudo de caso.

Tabela 34 - dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 1G.

DADOS DA ENTRADA REAL					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="3.7542"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="5.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:45:26"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:12:53"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:11:07"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:10:57"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

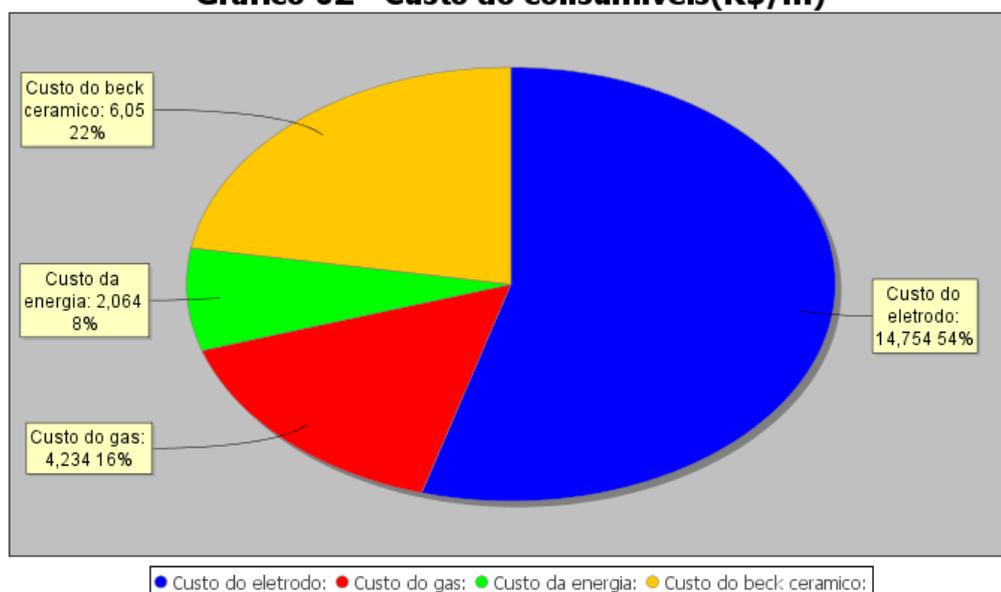
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica em 6,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

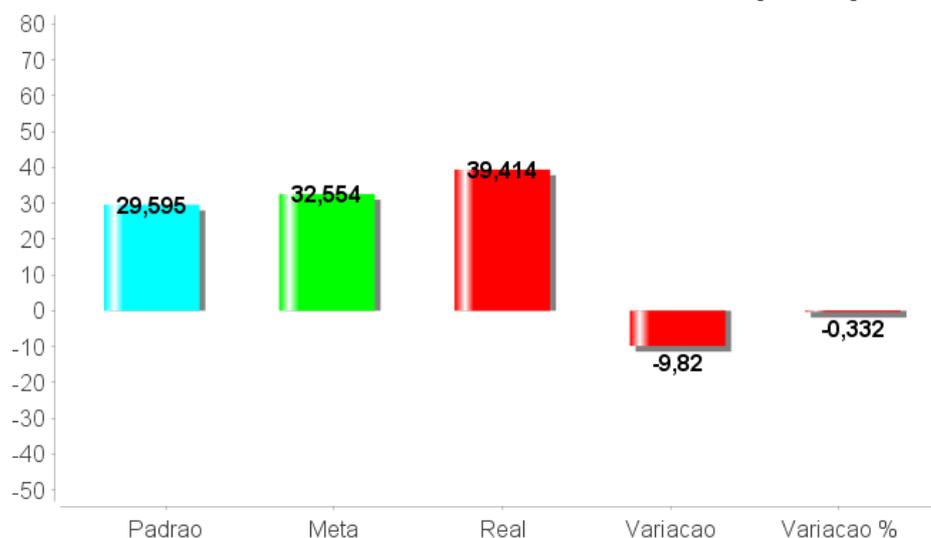
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 5,40%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 1,389 com os custos primários dos consumíveis.

**Gráfico 02 - Custo do consumíveis(R\$/m)**

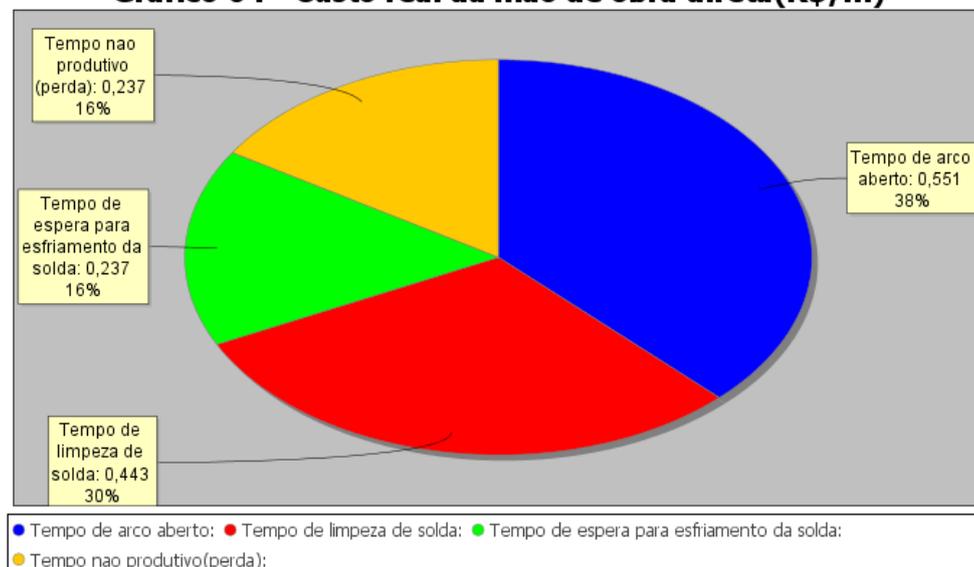
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletrodo e no custo do back cerâmico, respectivamente com 54% e 22%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

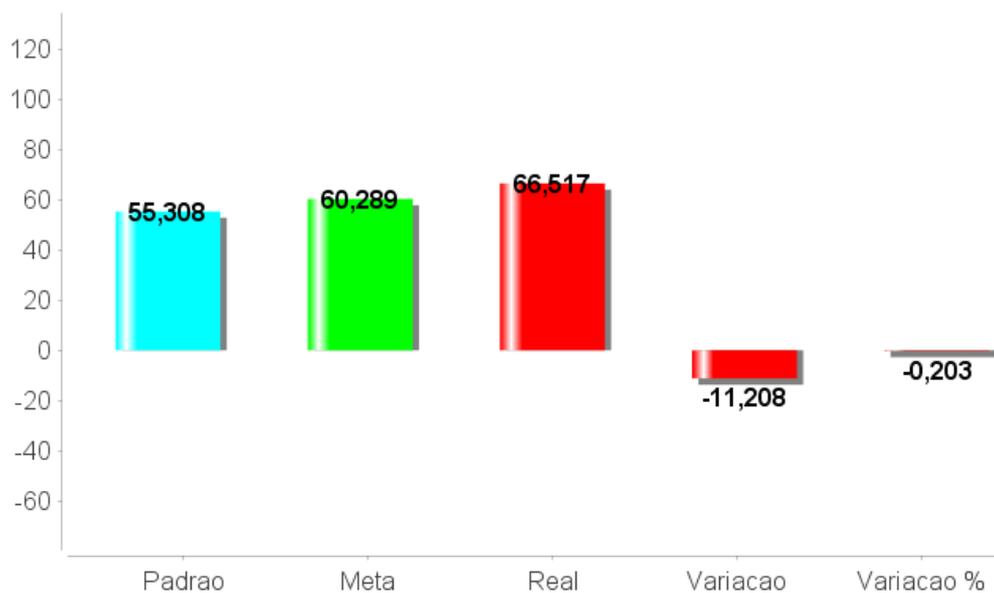
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 33,2 %. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 9,82 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

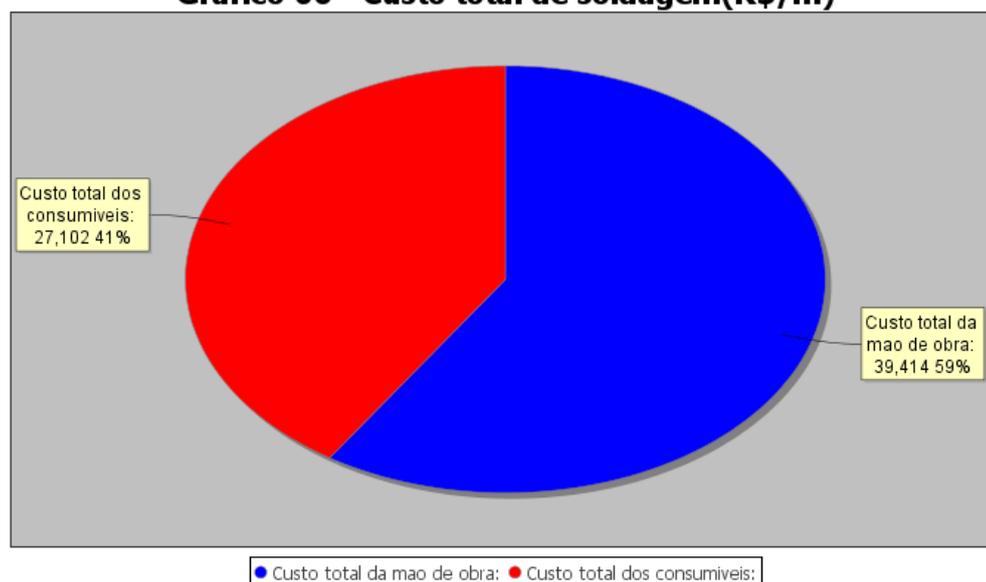
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo de limpeza da solda, respectivamente com 38% e 30%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

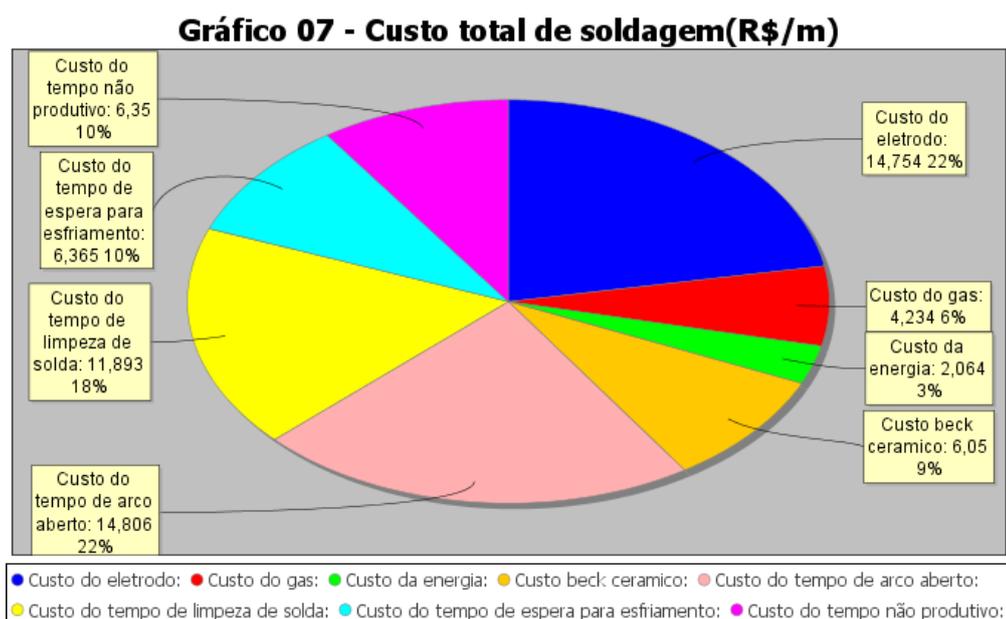
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 25,7%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 10,773 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

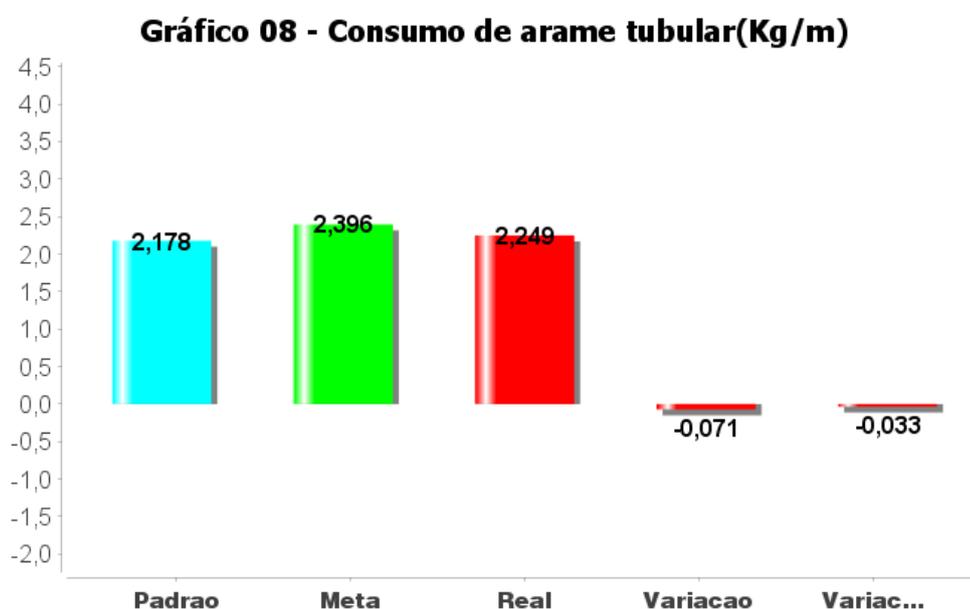
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 41% e da mão de obra com 59%, com relação ao custo total deles.



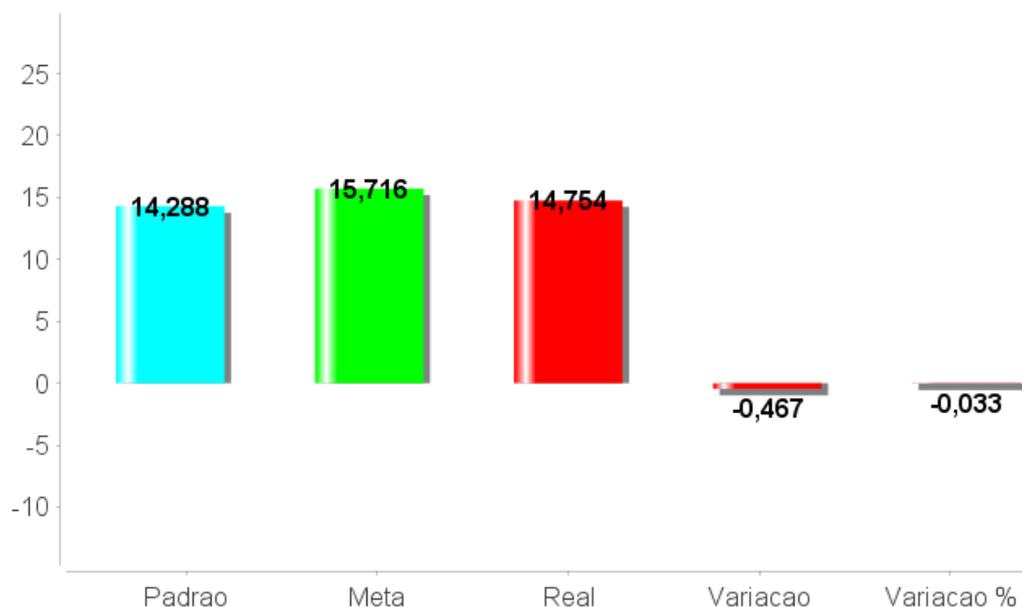
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 22% e 22%.



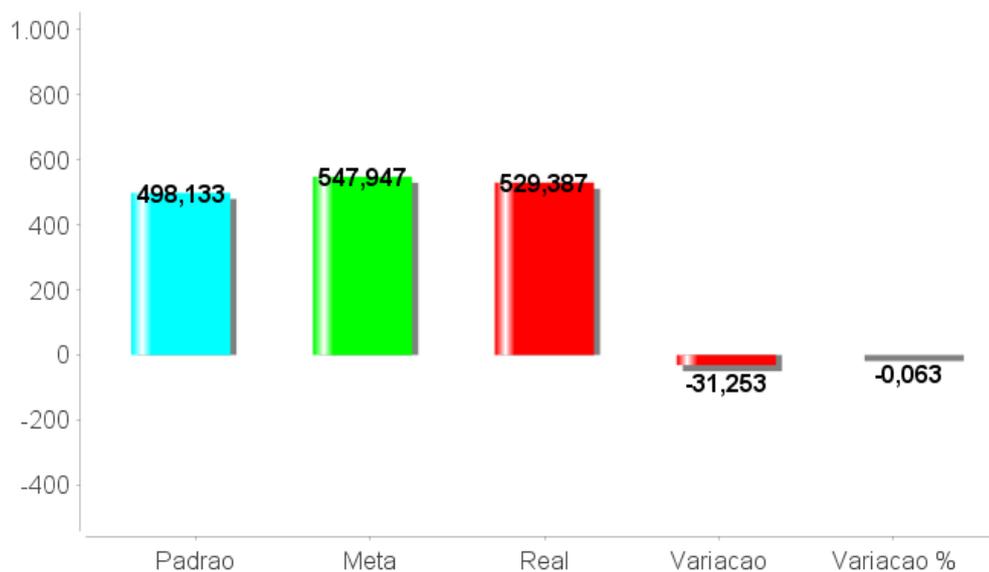
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,3%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,071 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,3%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,467 para cada metro de chapa soldada.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**

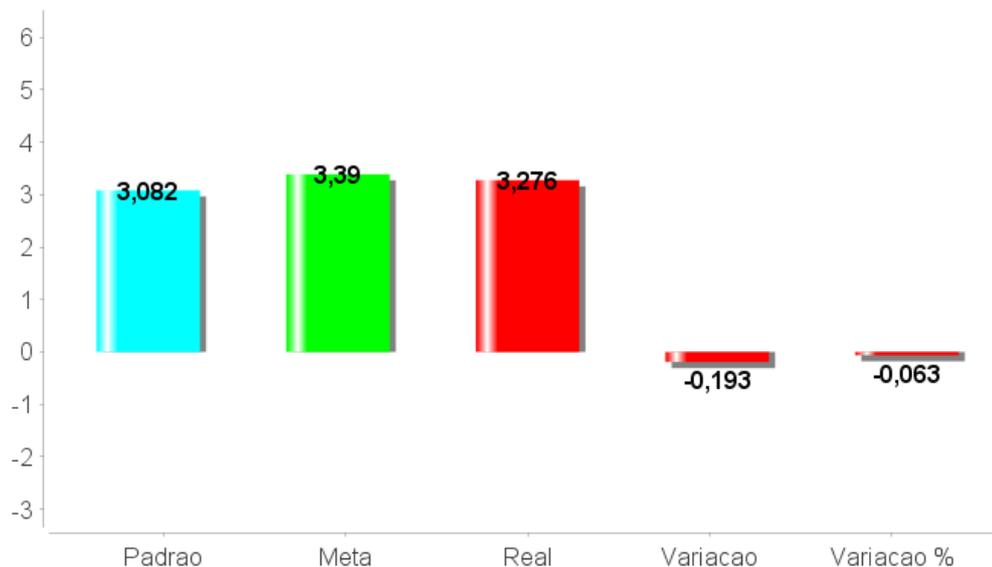
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,3%. Ou seja, um consumo superior de l/m 31,253 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

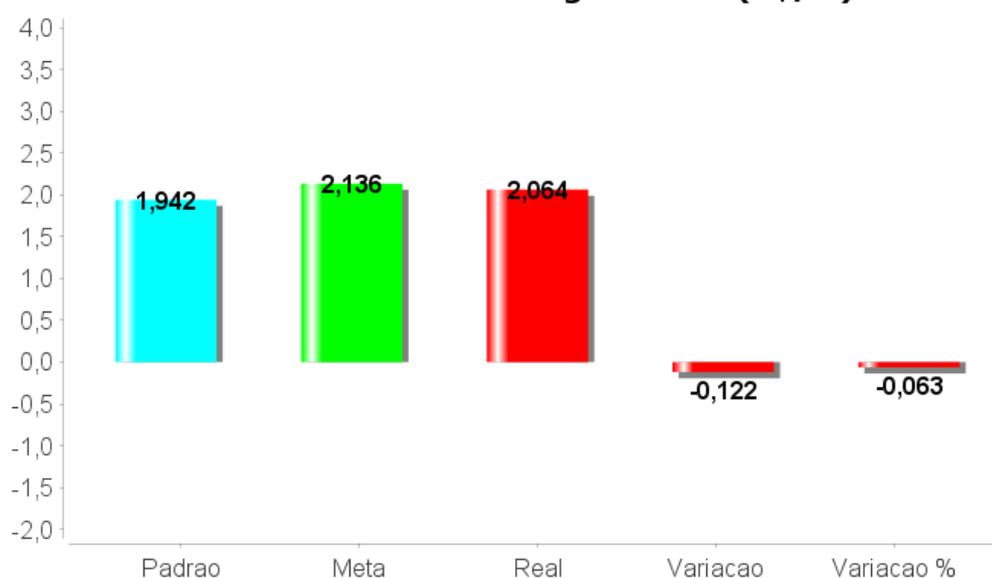
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 0,63%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,25 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia elétrica(Kwh/m)**

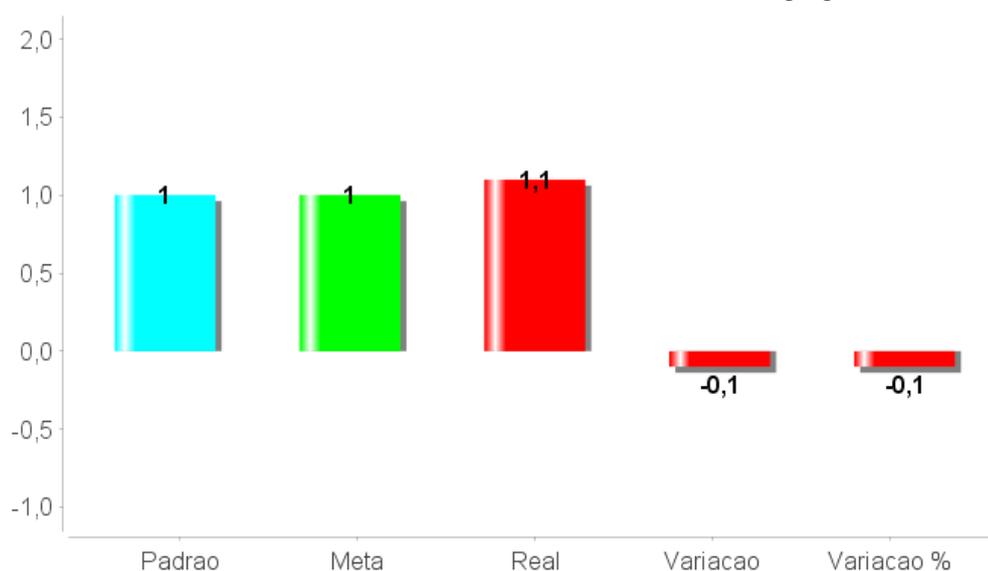
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 6,3%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,193 por chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

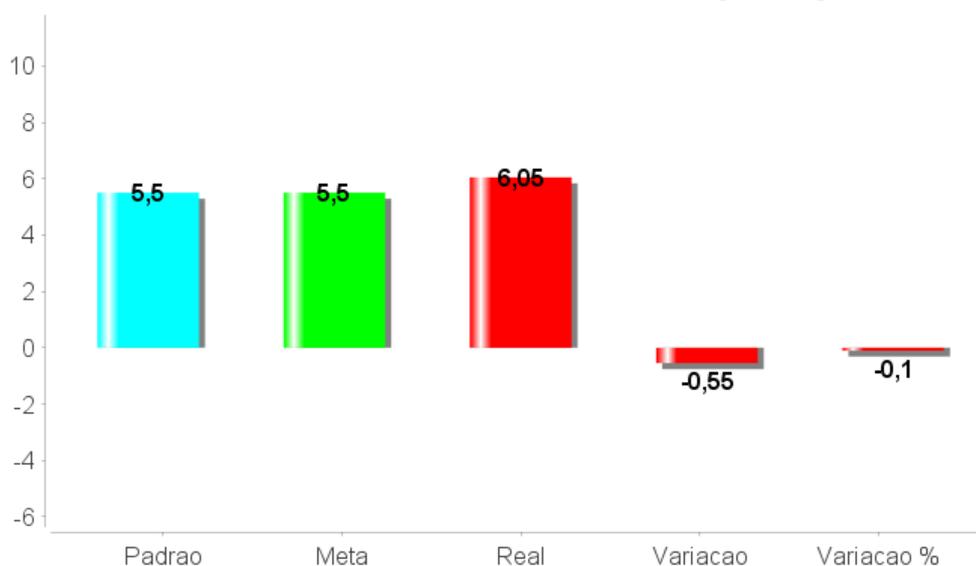
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,3%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,122.

**Gráfico 14 - Consumo de beck cerâmico(m)**

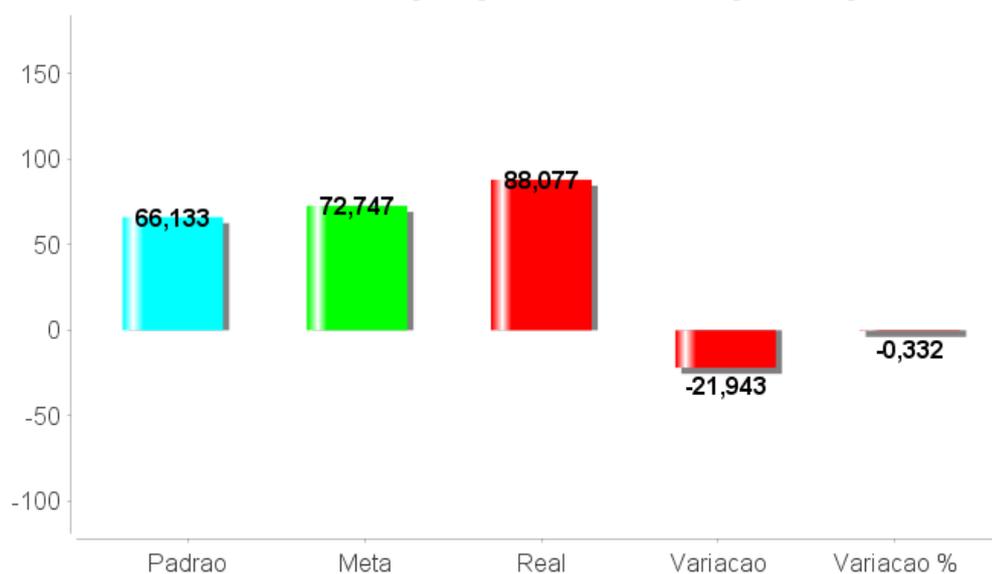
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,0%. Ou seja, um consumo superior de 0,10m, para cada metro de soldagem.

**Gráfico 15 - Custo de beck ceramico(R\$/m)**

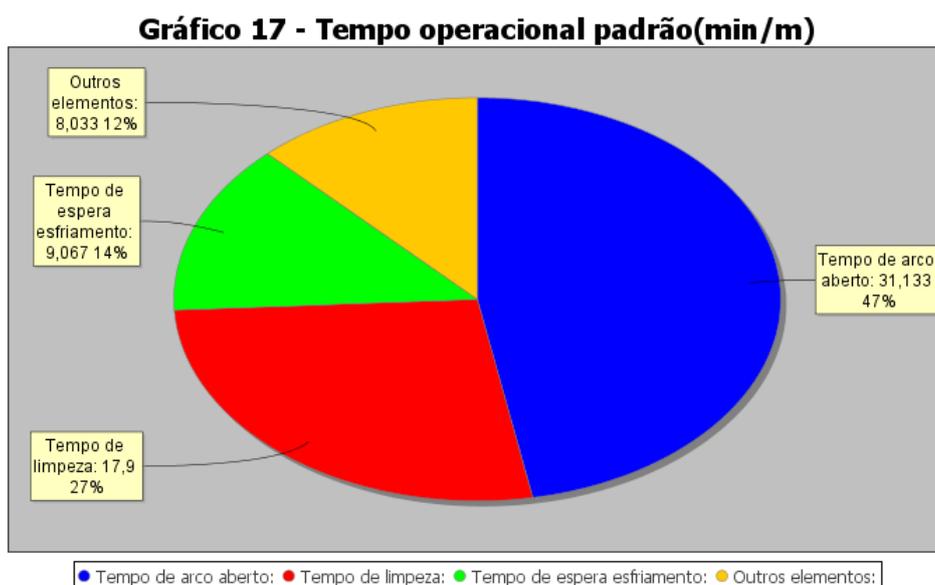
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,00%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,55 de chapa soldada.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

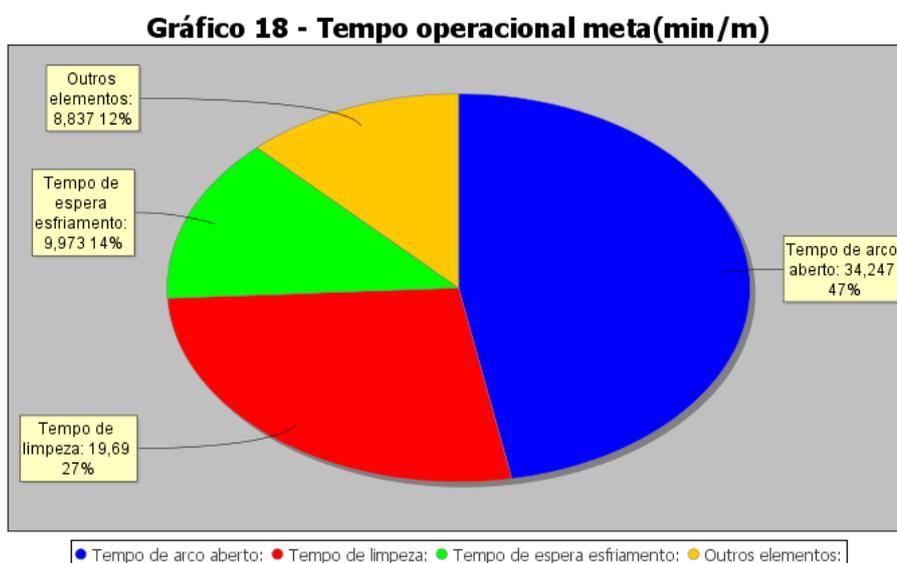
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 33,20%. Ou seja, um tempo a maior de 21,943 minutos por metro de chapa soldada.



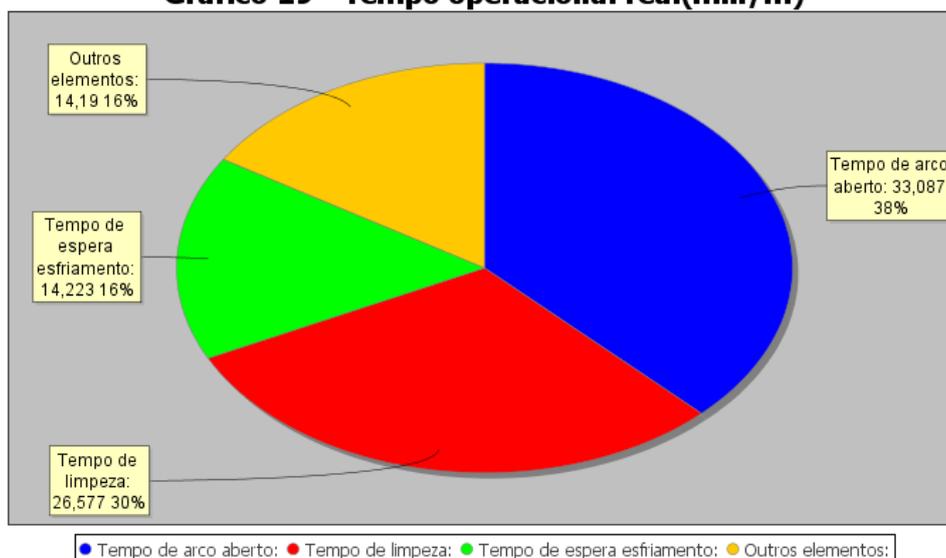
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.



Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior.

**Gráfico 19 - Tempo operacional real(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

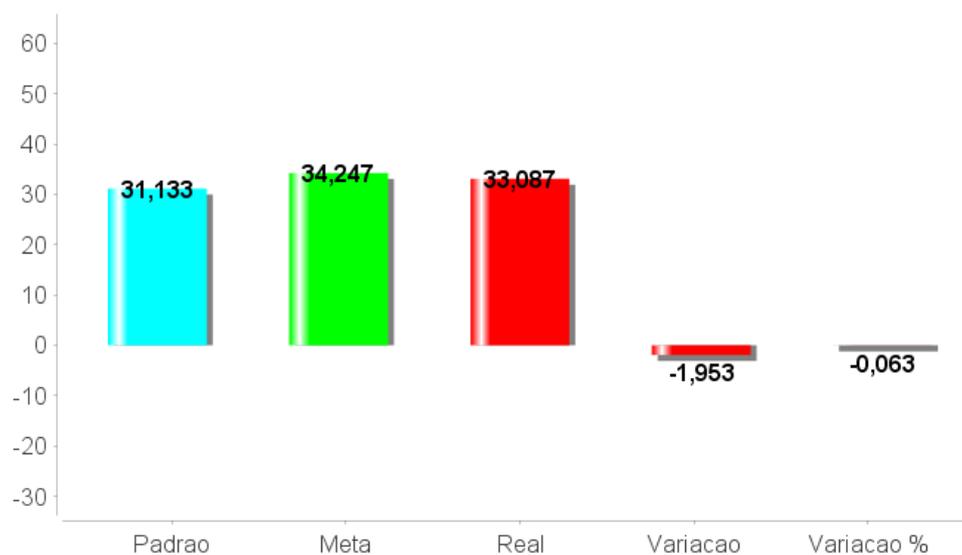
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.

**Gráfico 20 - Taxa de deposicao(Kg/h)**

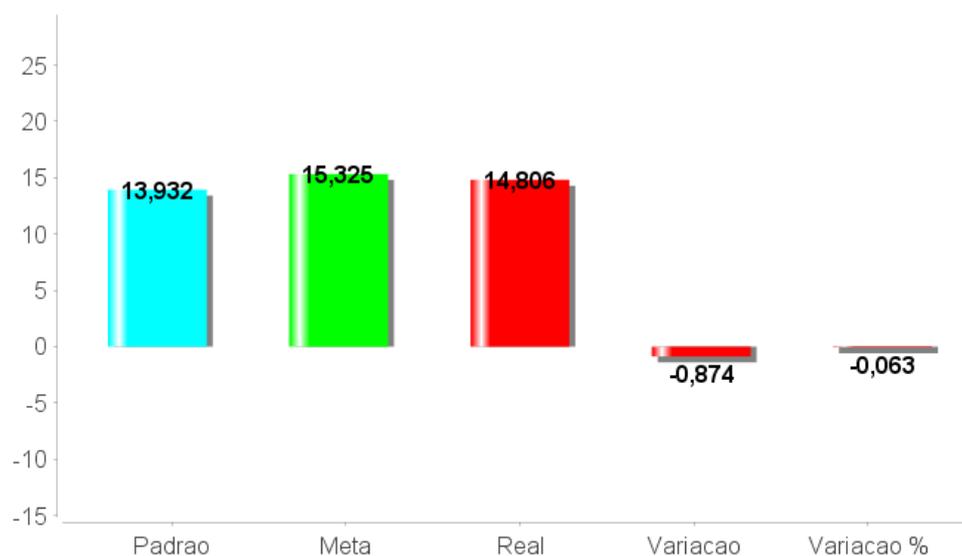
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se uma variação desfavorável de 2,8%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

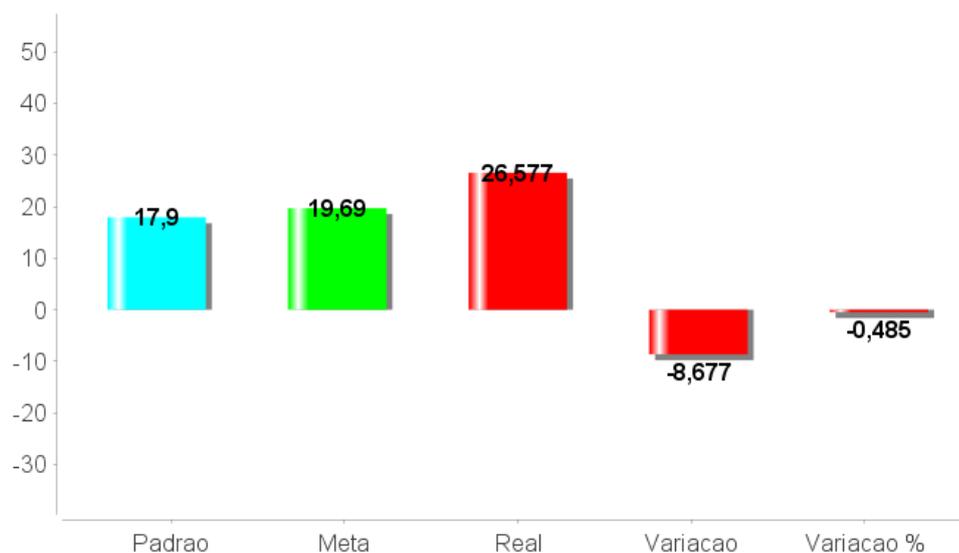
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 6,3%. Ou seja, um aumento de 1,953 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

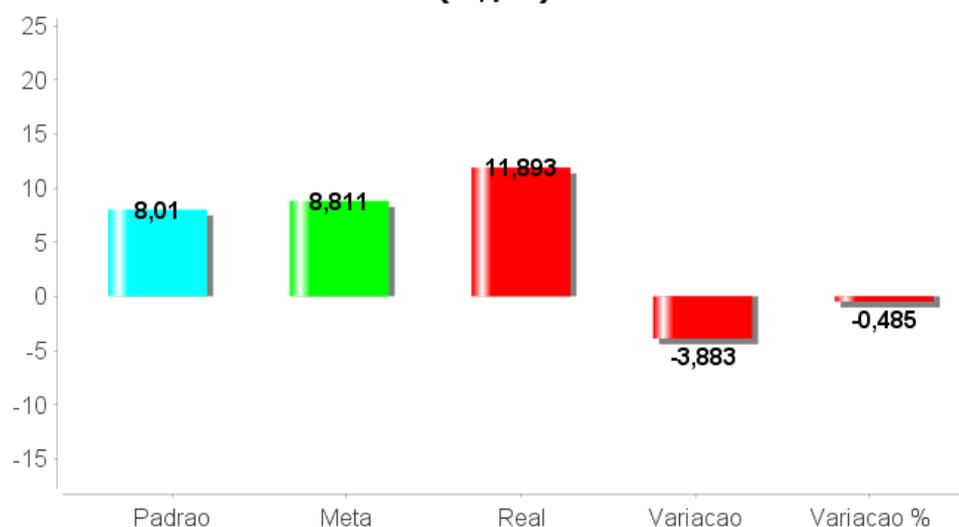
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 6,3%, e um aumento de R\$/m 0,874 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

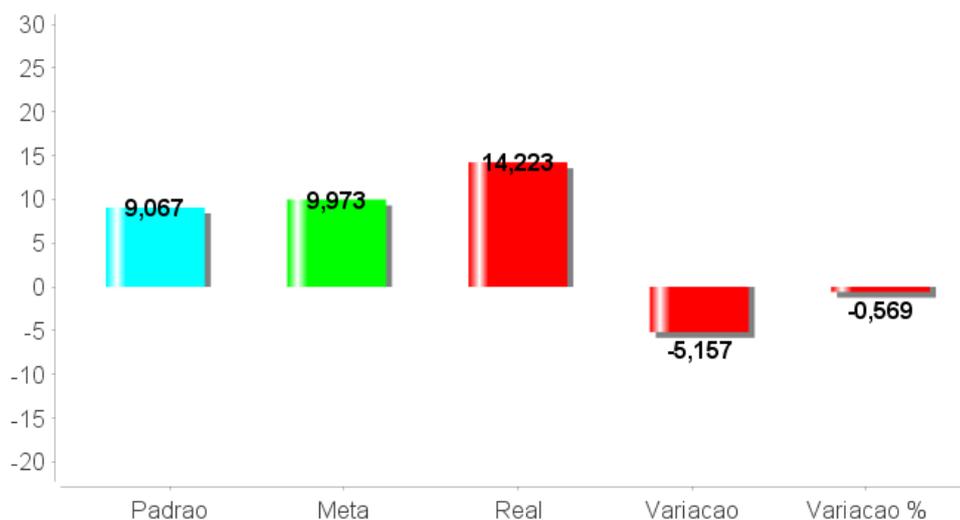
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 48,50%. Ou seja, um aumento de 8,677 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 48,5%, e um aumento de R\$/m 3,883 por chapa soldada.

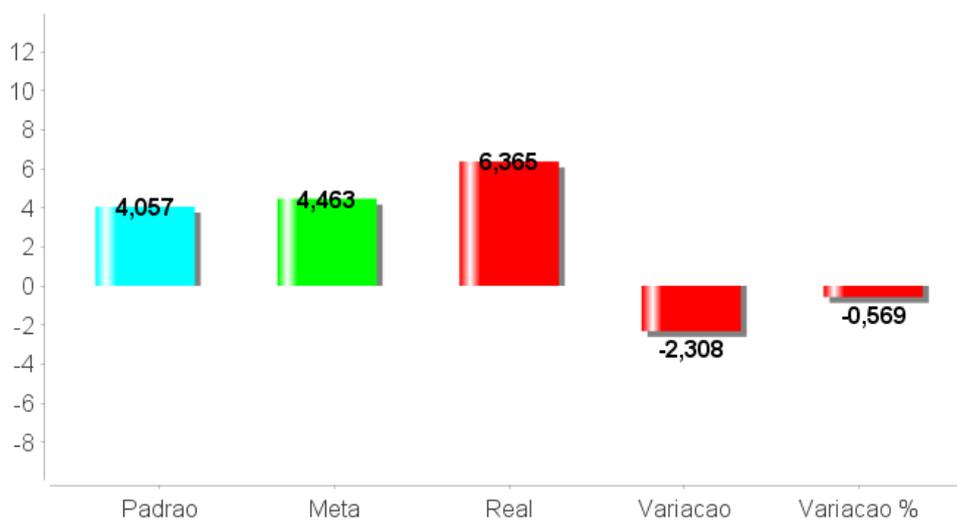
**Gráfico 25 - Tempo operacional de espera para esfriamento (min/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

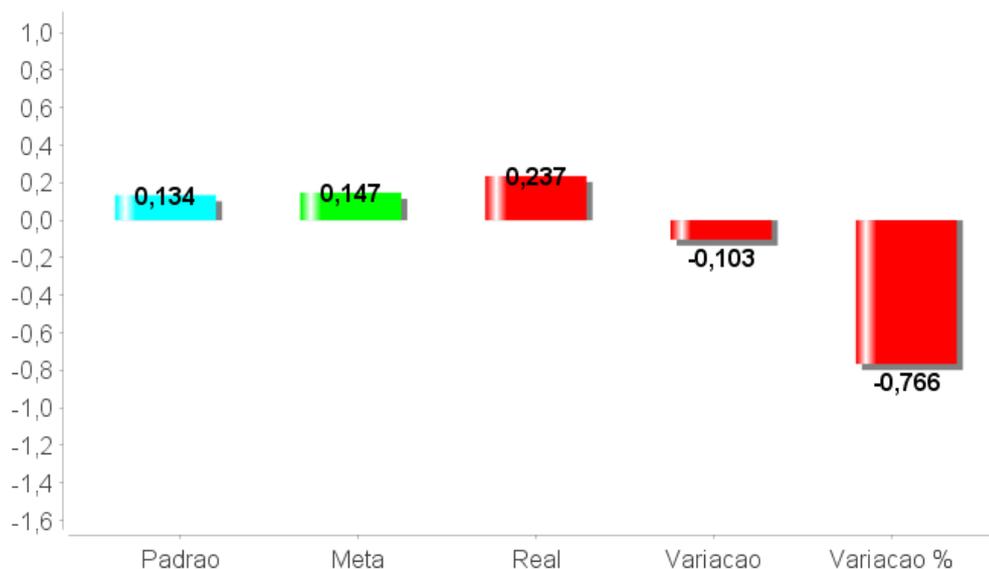
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 56,90%. Ou seja, um aumento de 5,157 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 26 - Custo do tempo operacional de espera esfriamento (R\$/m)**



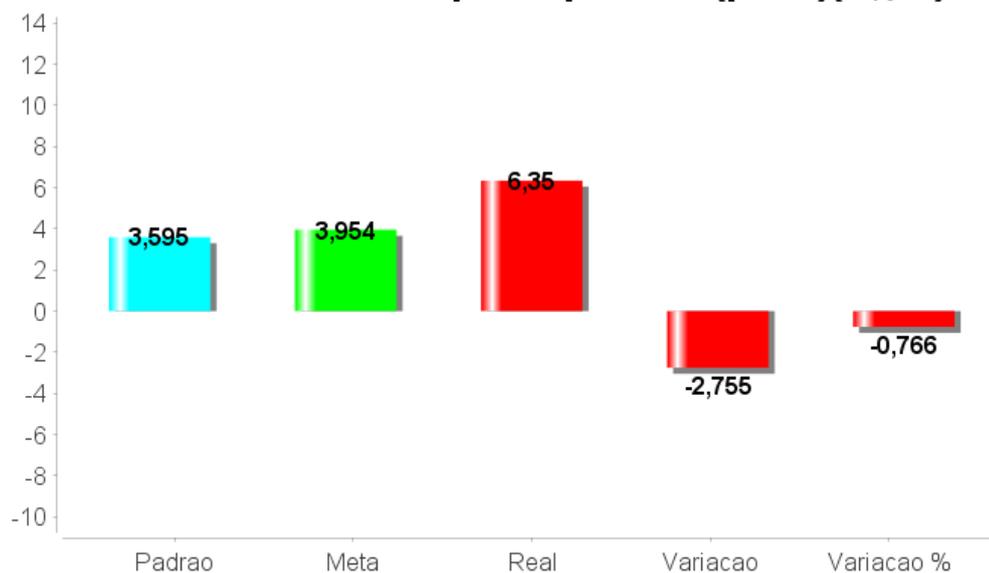
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 56,90%, e um aumento de R\$/m 2,308 por chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 76,6%. Ou seja, um aumento de 0,103 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 76,6%, e um aumento de R\$/m 2,755 de chapa soldada.

## 6.2 Resultado de estudo de caso do processo e soldagem FCAW-G, na posição 2G, com aço ASTM AH-36, com espessura de 12mm, realizado no estaleiro “B”

A tabela 35 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 35 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 2G.

DADOS DA ENTRADA PADRAO				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.0270"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.5000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:14:21"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:04:48"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:17"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:08:18"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% para os métodos de trabalhos hoje praticados neste estaleiro.

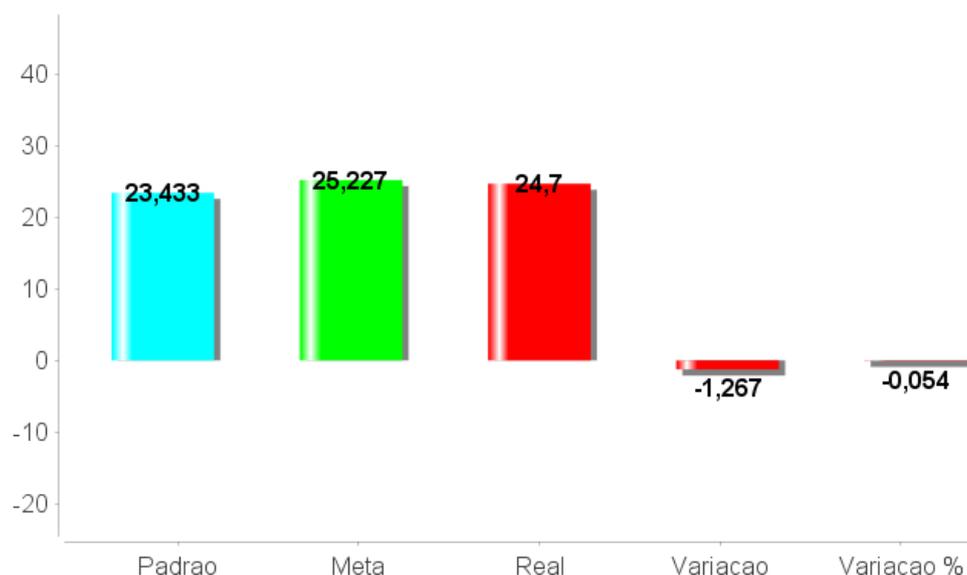
A tabela 36 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 36 - dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 2G.

DADOS DA ENTRADA REAL					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="4.0000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="6.9927"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="4.4000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="5.5000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:02:35"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:00:26"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:29:06"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="02:05:43"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

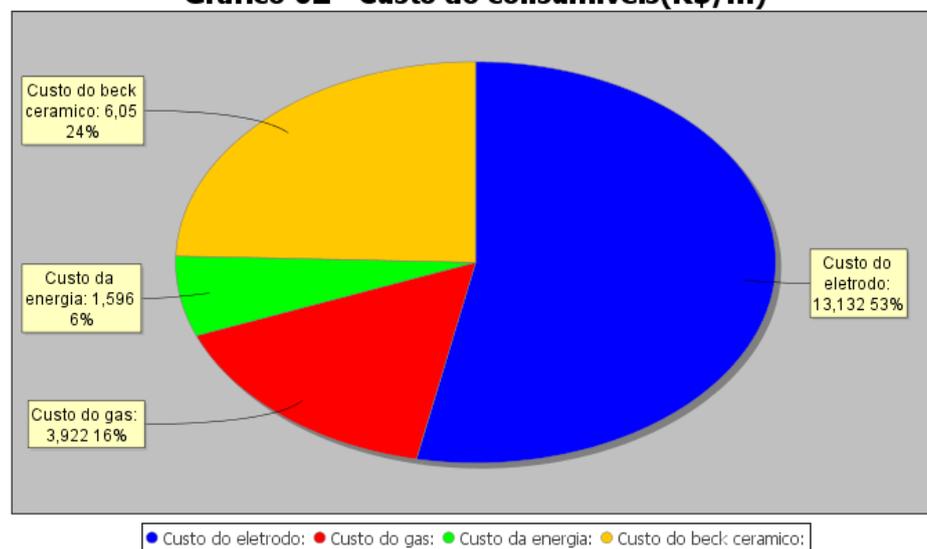
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições real de trabalho no chão de fábrica em 6,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

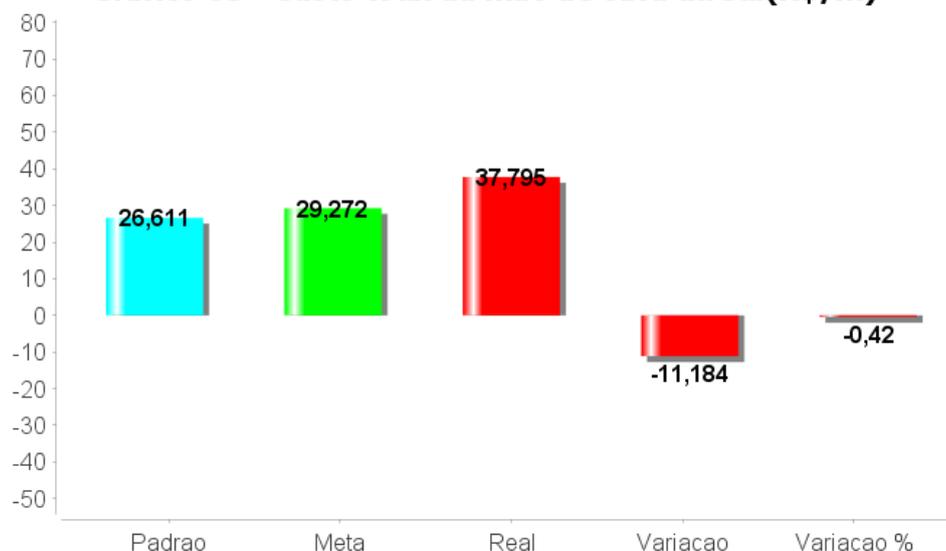
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 5,40%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 1,267 com os custos primários.

**Gráfico 02 - Custo do consumíveis(R\$/m)**

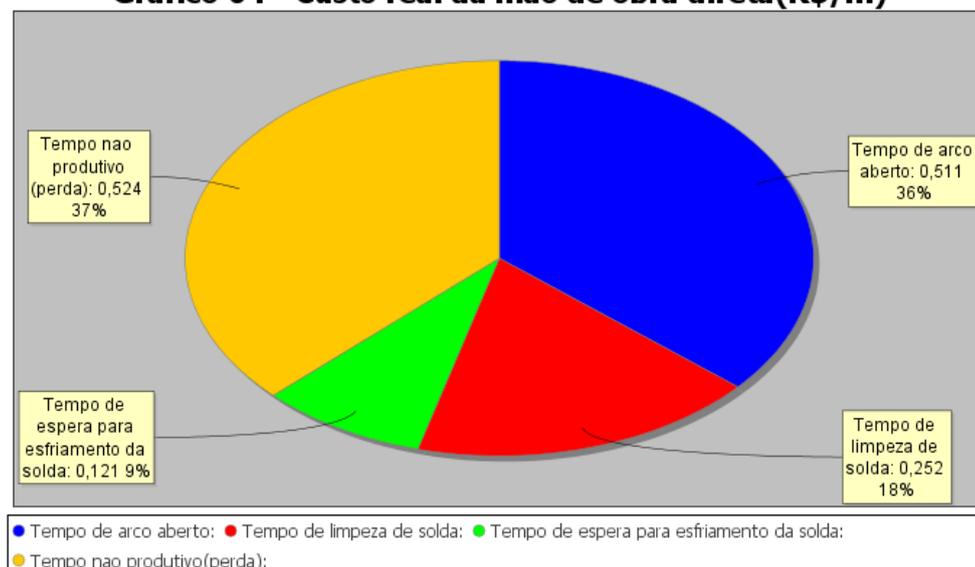
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletrodo e no custo do back cerâmico, com 53% e no custo do gás, com 24%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

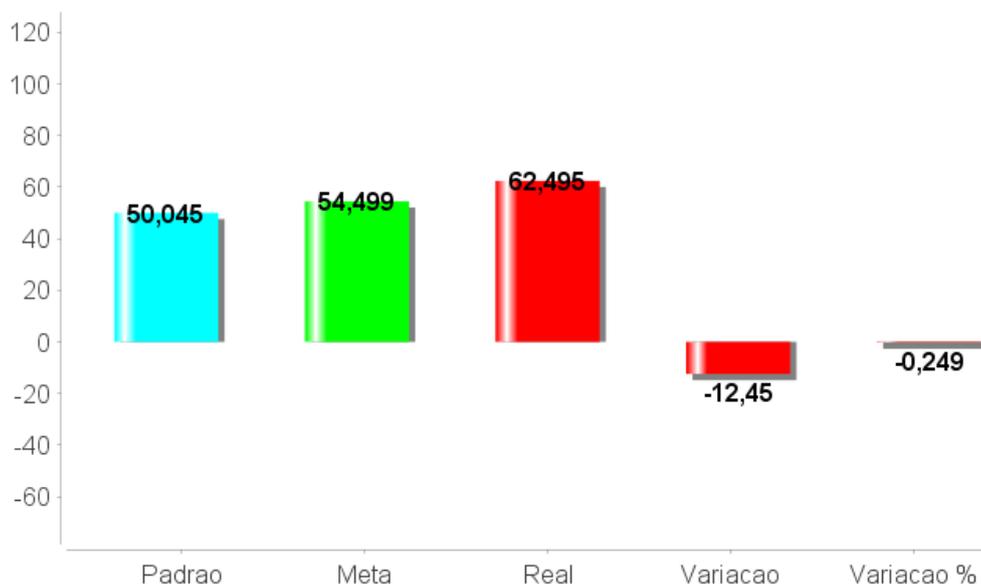
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,2%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$/m 11,184 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

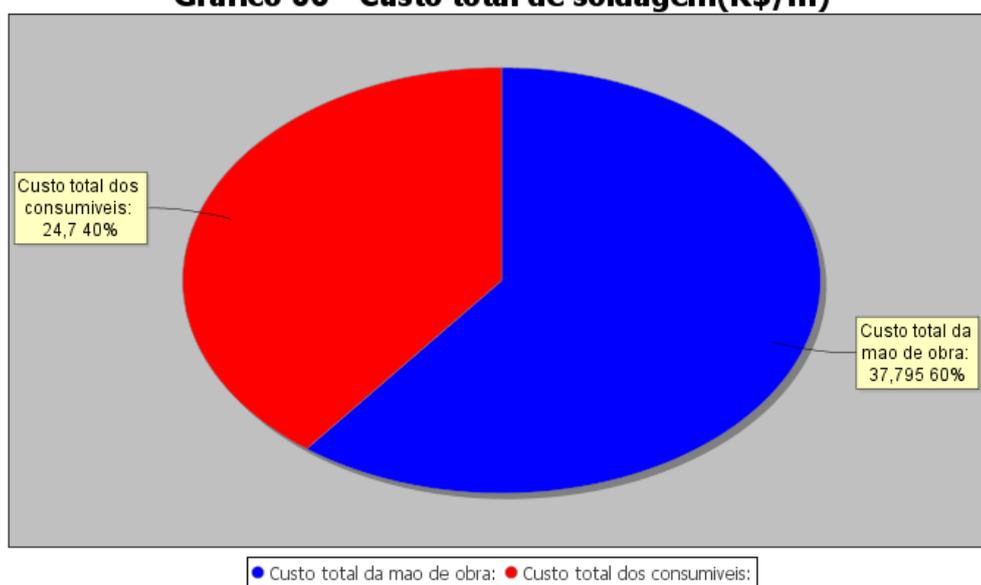
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo não produtivo, respectivamente com 36% e 37%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

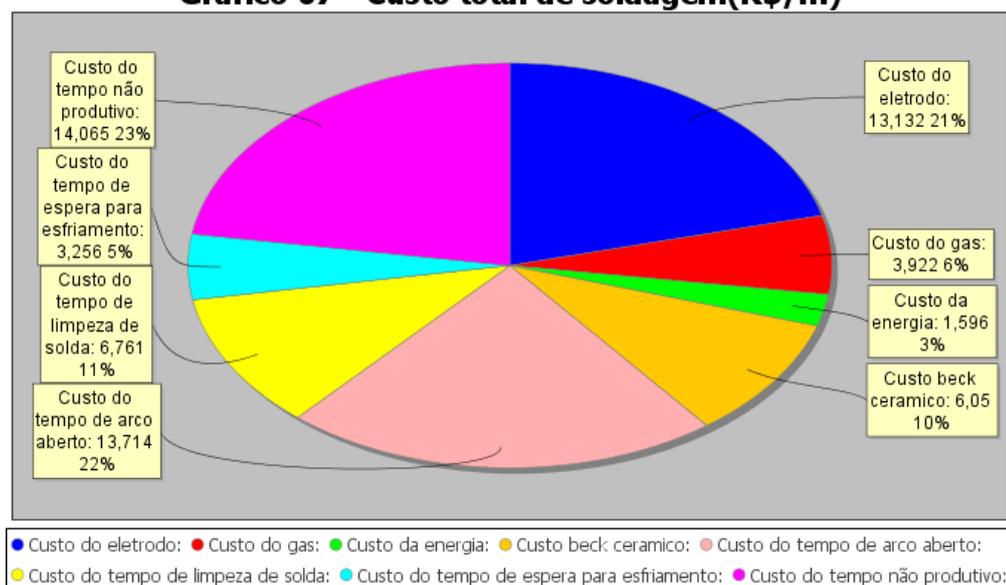
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 24,9%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada um há prejuízo de R 12,45 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

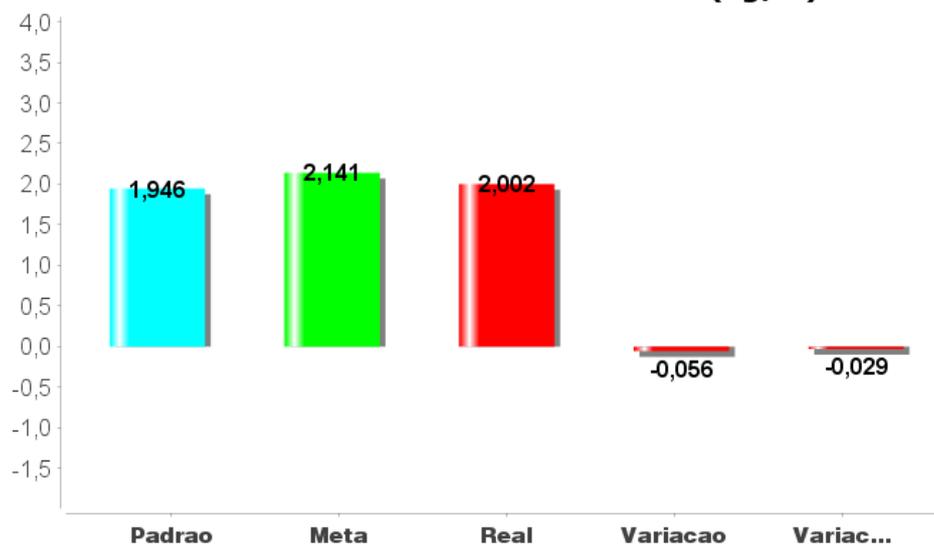
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 40% e da mão de obra com 60%, com relação ao custo total deles.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

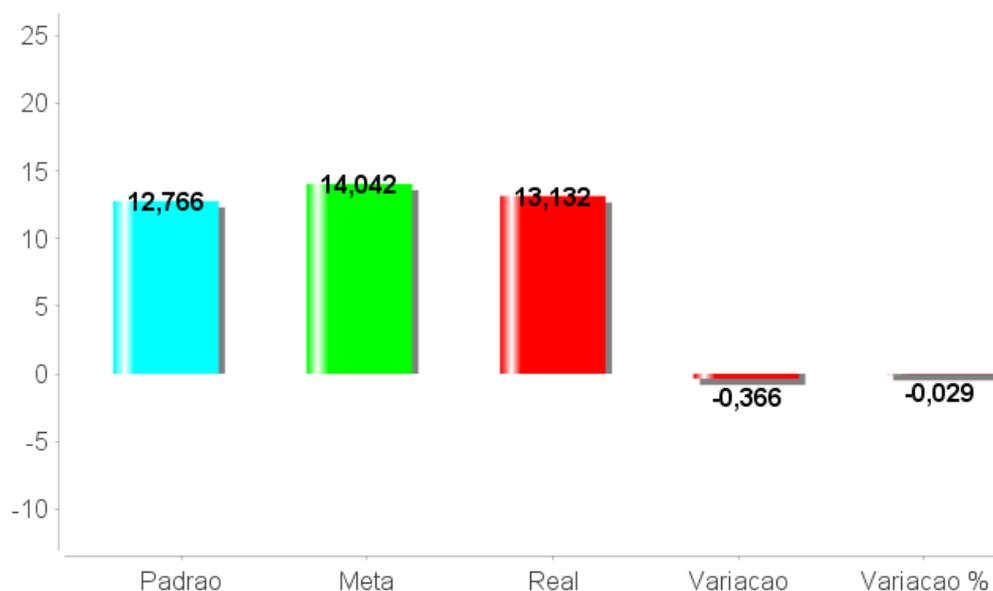
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do tempo não produtivo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo 2 respectivamente 22% e 23%.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

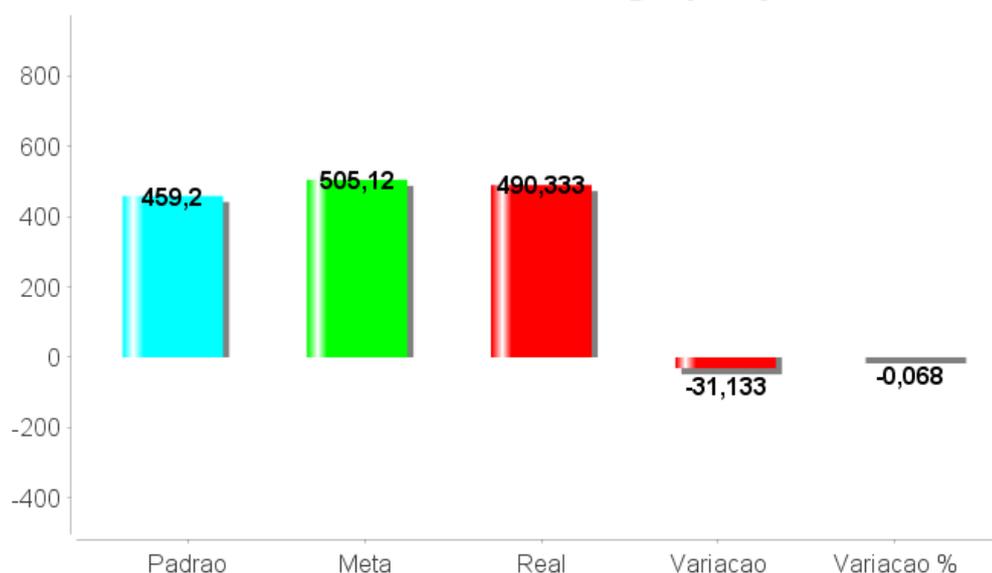
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 2,9%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,056 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 09 - Custo de arame tubular (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 2,90%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,024, para cada metro de chapa soldada.

**Gráfico 10 - Consumo de gás(L/m)**

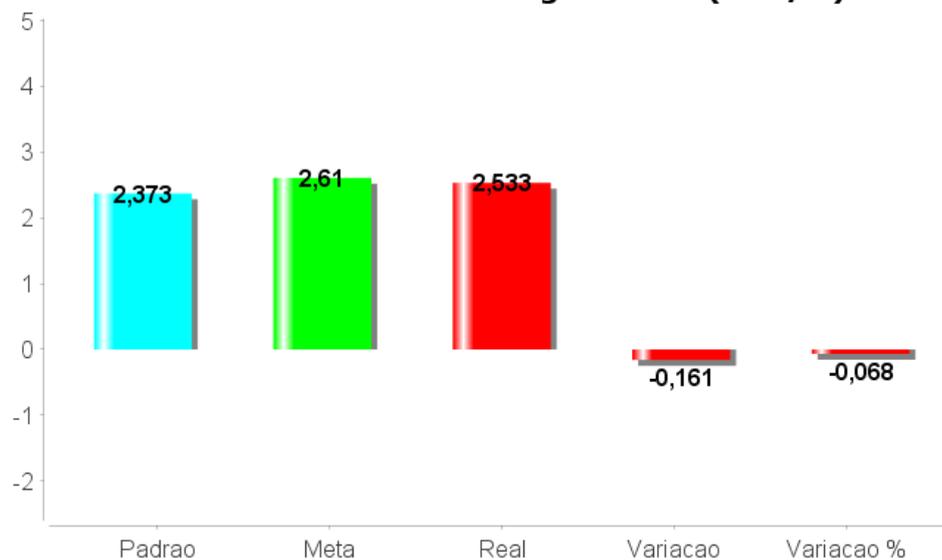
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 6,8%. Ou seja, um consumo superior de l/m 31,133 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

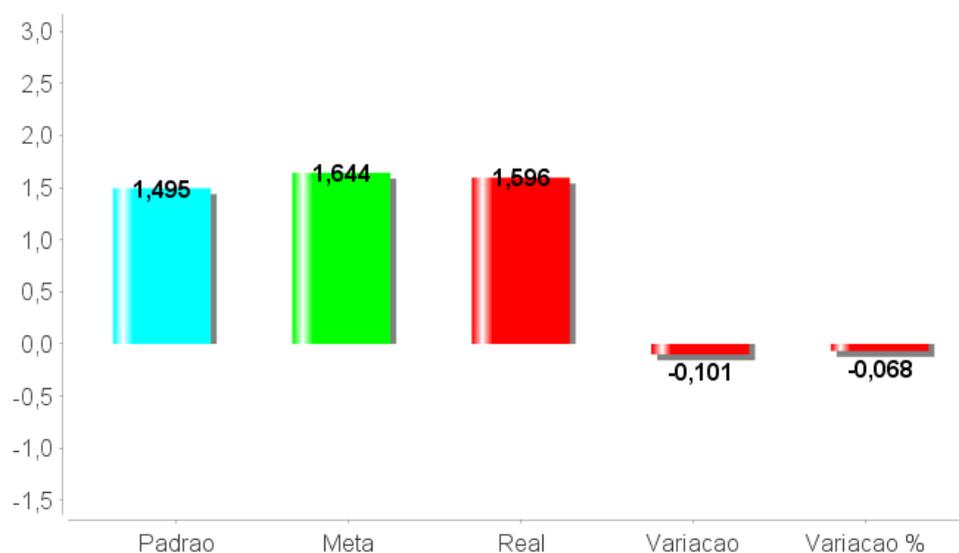
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,80%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,249 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia eletrica(Kwh/m)**

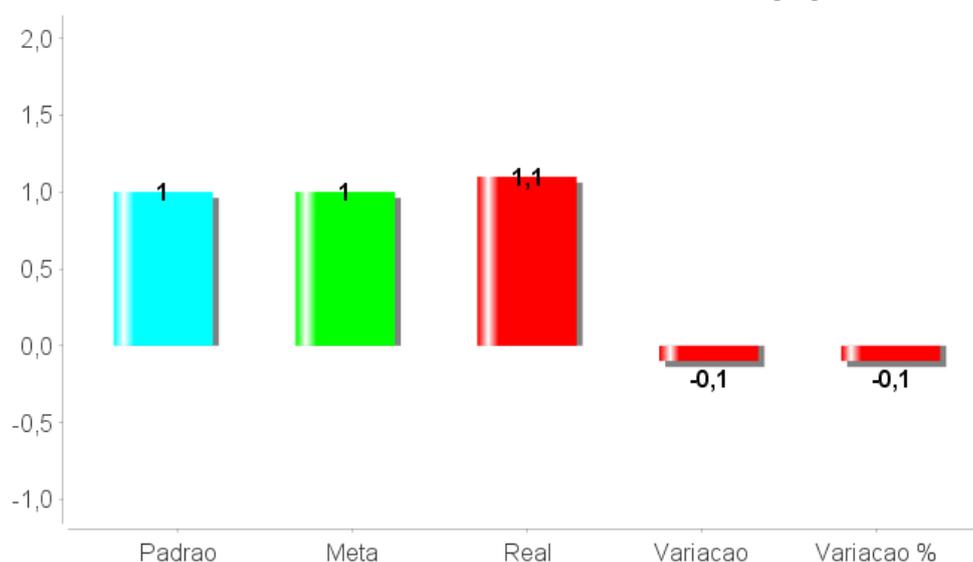
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 6,80%. Ou seja, um consumo a maior de Kwh/m 0,161 de chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

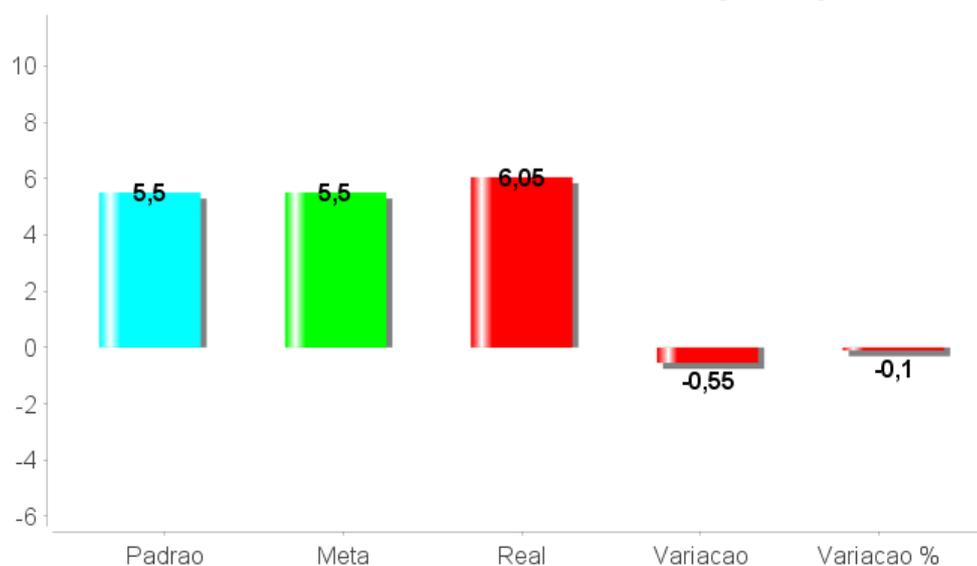
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 6,80. Ou seja, um custo a maior de R\$/m 0,101 de chapa soldada.

**Gráfico 14 - Consumo de beck cerâmico(m)**

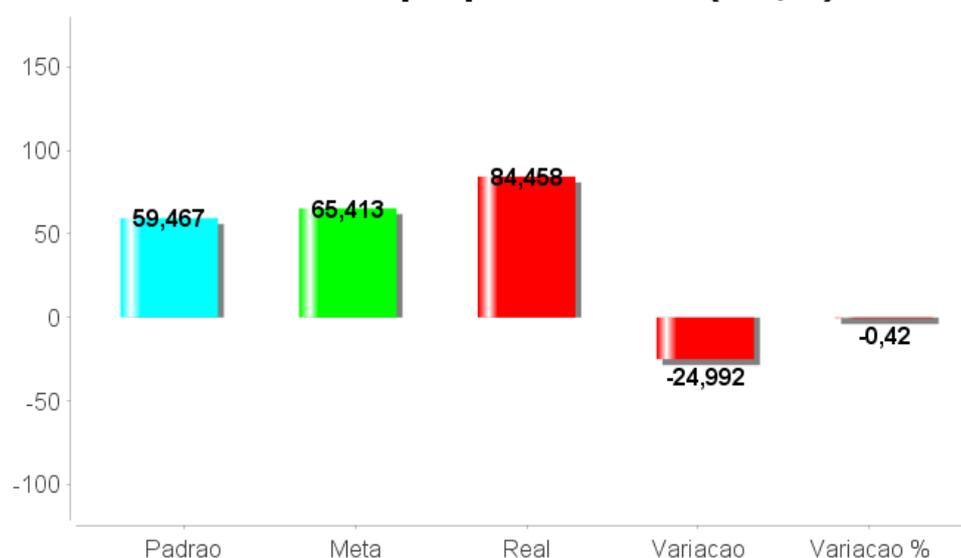
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,0%. Ou seja, um consumo a maior de 0,10m, para cada metro de soldagem.

**Gráfico 15 - Custo de beck ceramico(R\$/m)**

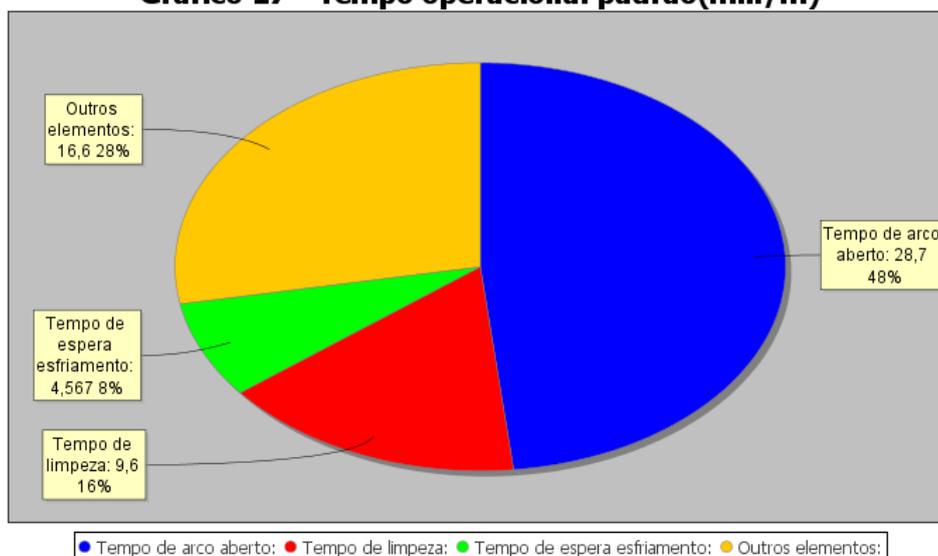
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 10,00%. Ou seja, um custo a maior de R\$/m 0,55, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

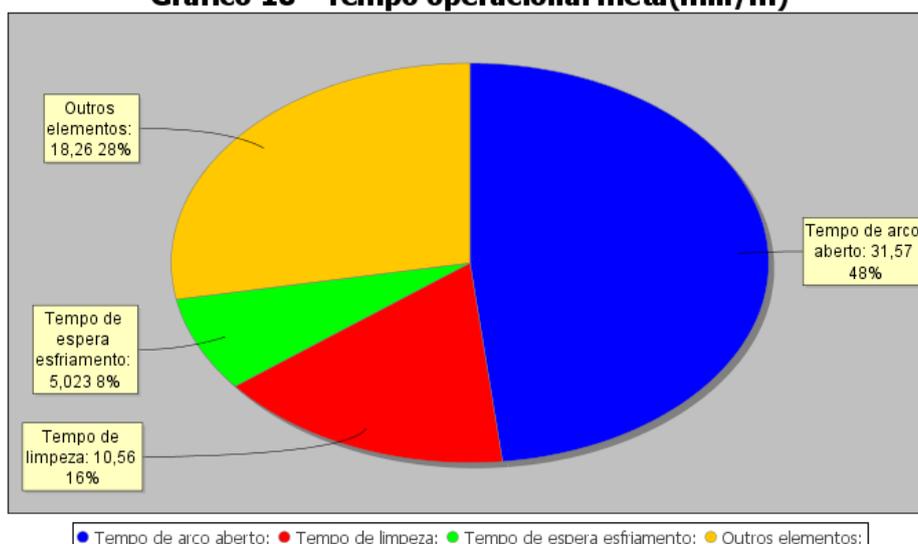
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 42,00%. Ou seja, um tempo a maior de 24,992 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

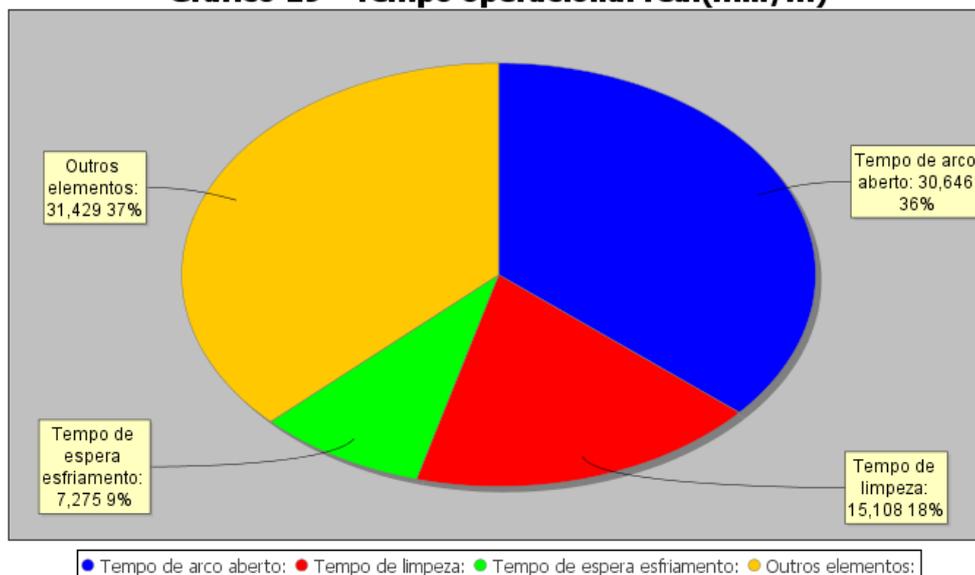
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior.

**Gráfico 19 - Tempo operacional real(min/m)**

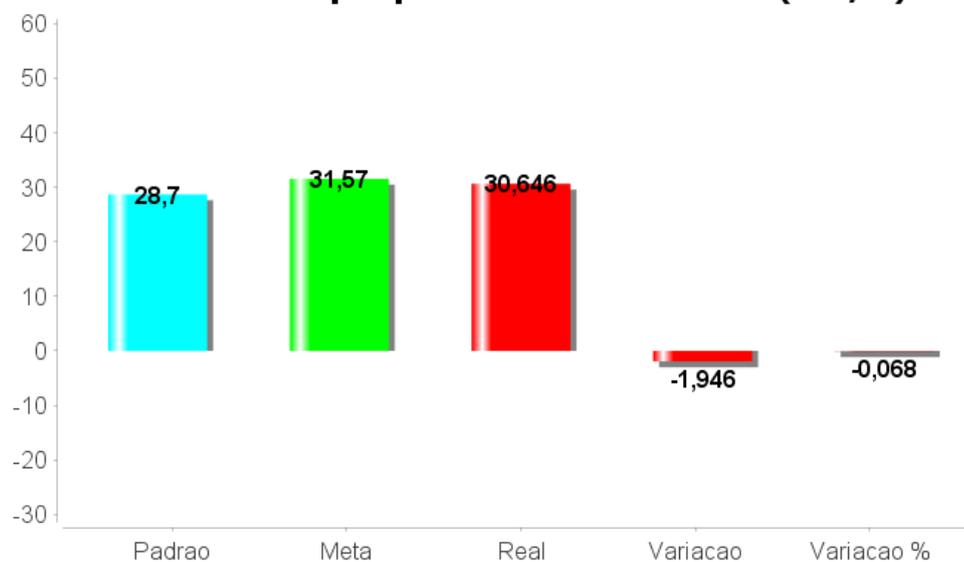
Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.

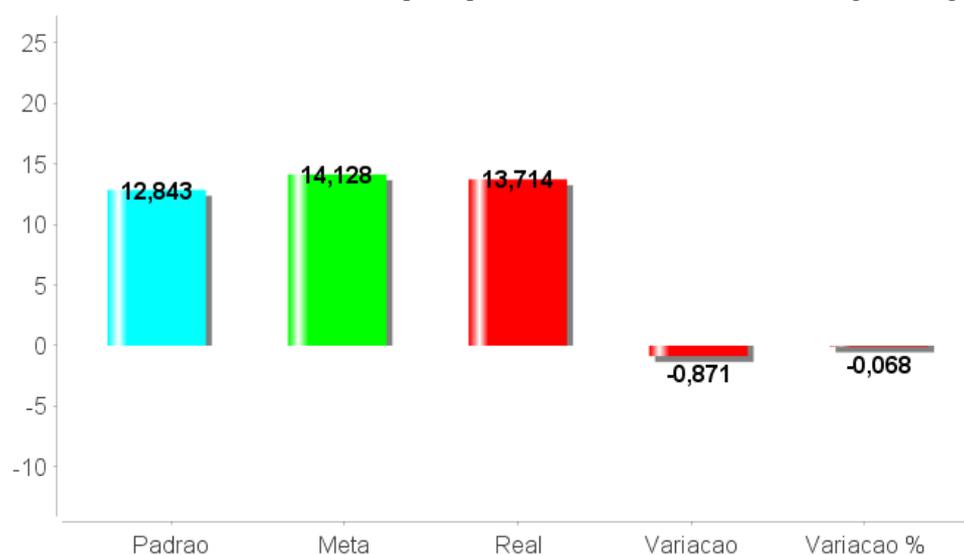
**Gráfico 20 - Taxa de deposicao(Kg/h)**

Observa-se um variação desfavorável de 3,7%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

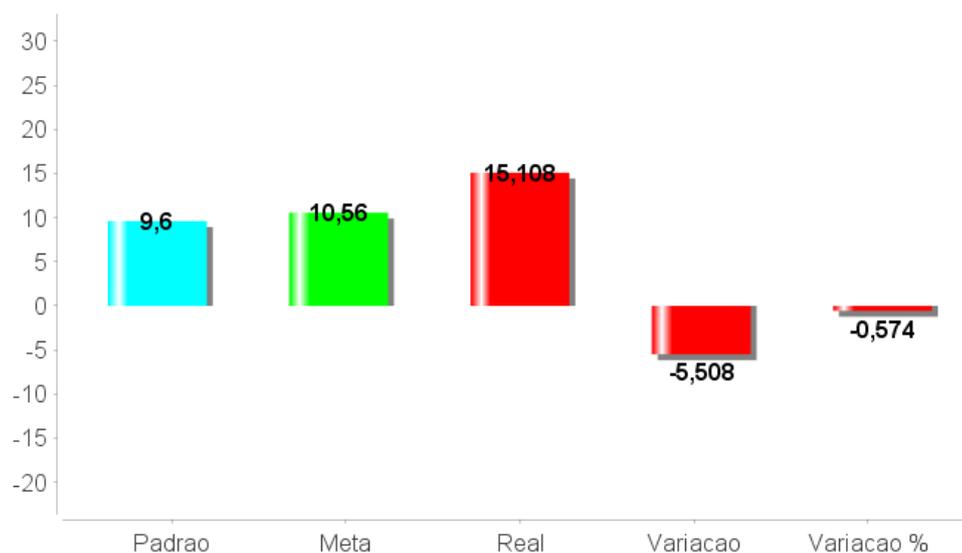
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 6,8%. Ou seja, um aumento de 1,946 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

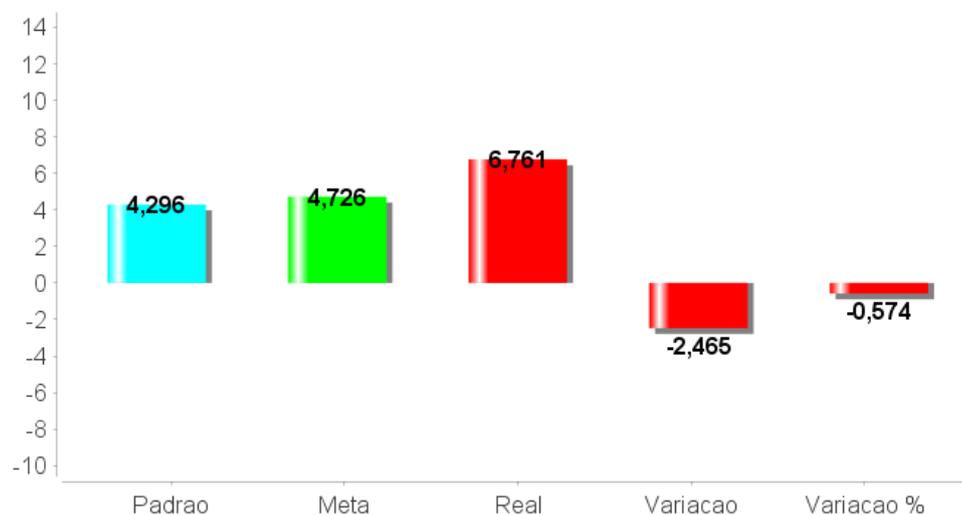
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 6,80%, e um aumento de R\$/m 8,71 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

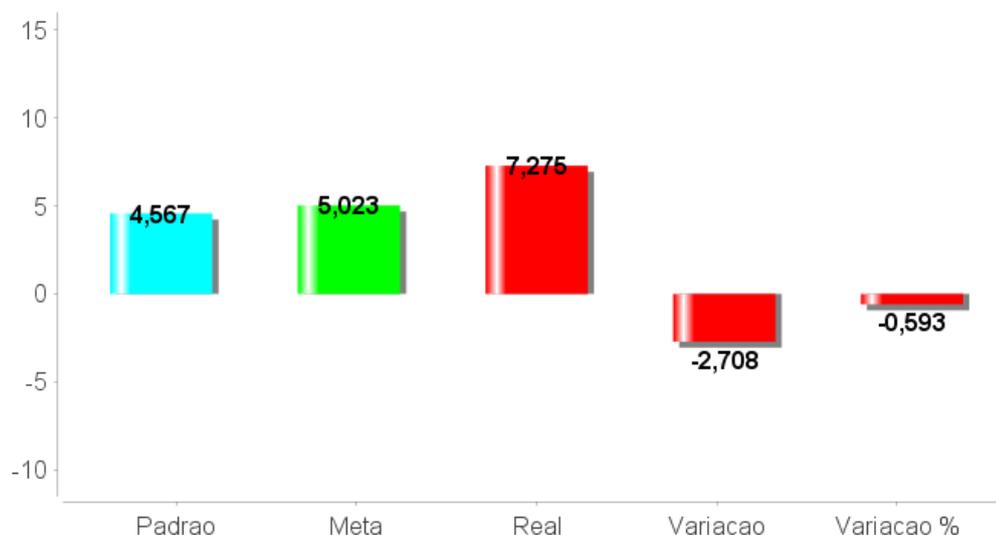
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 5,74%. Ou seja, um aumento de 5,508 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 5,74%, e um aumento de R\$/m 2,465 de chapa soldada.

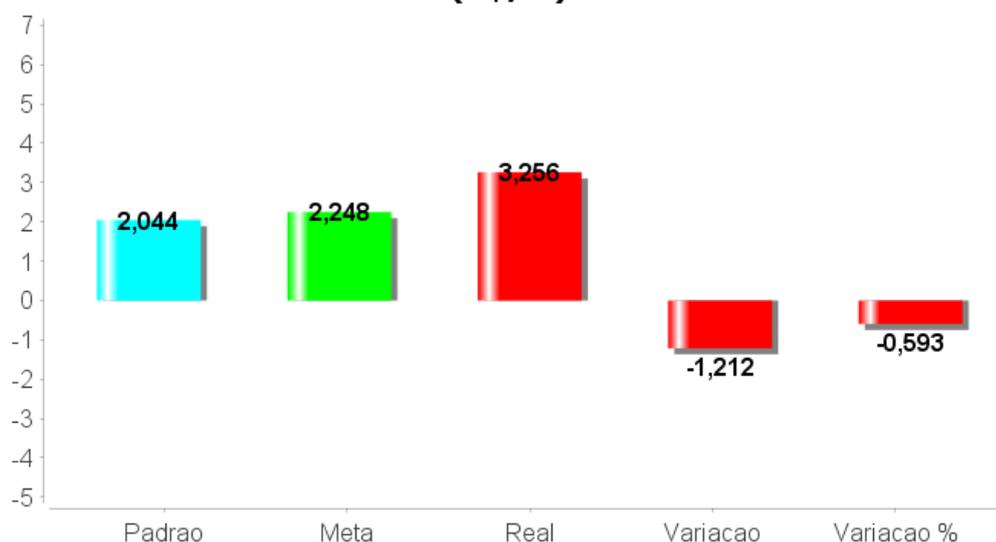
**Gráfico 25 - Tempo operacional de espera para esfriamento (min/m)**



Fonte: Elaborado pelo autor

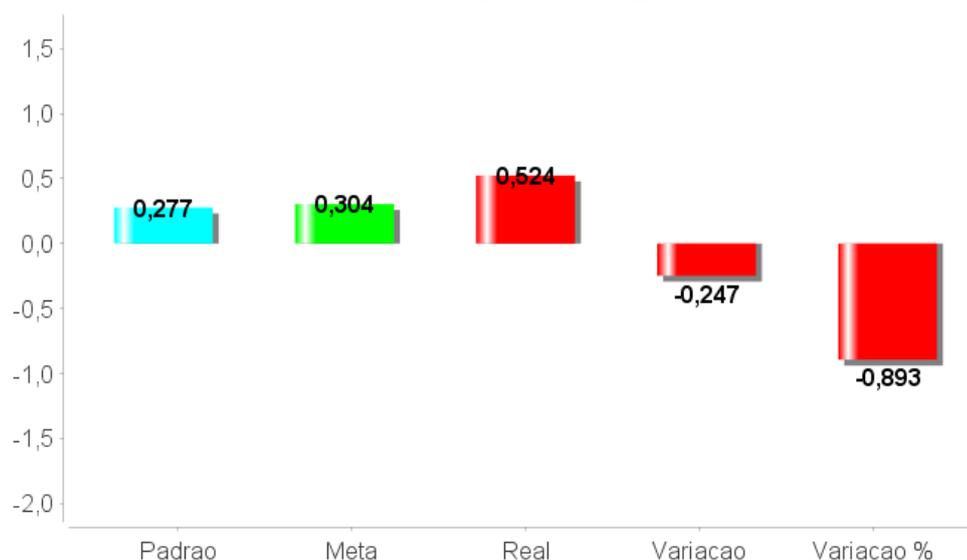
Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 5,93%. Ou seja, um aumento de 2,708 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 26 - Custo do tempo operacional de espera esfriamento (R\$/m)**



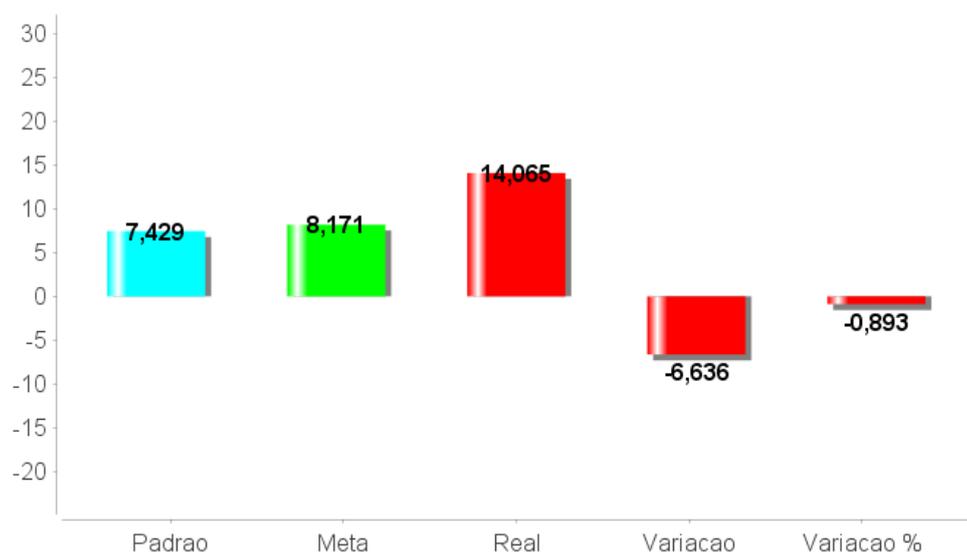
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 5,93%, e um aumento de R\$/m 1,212 por chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 89,30%. Ou seja, um aumento de 0,247 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 89,30%, e um aumento de R\$/m 6,636 por chapa soldada.

### 6.3 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 2F, COM AÇÃO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B”

A tabela 37 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 37 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 2F.

DADOS DA ENTRADA PADRAO					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.5544"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:06:29"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:03:06"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:23"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% para os métodos de trabalhos hoje praticados neste estaleiro.

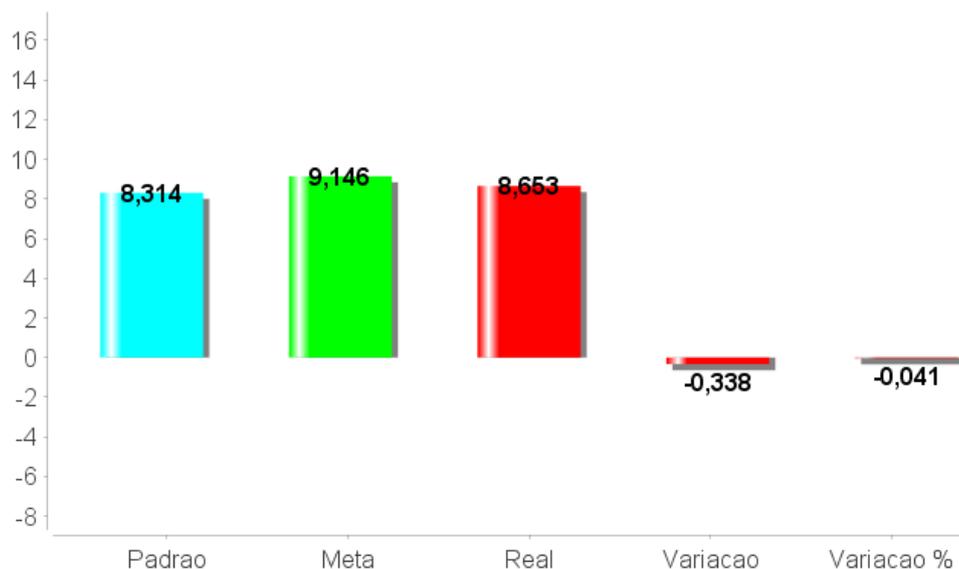
A tabela 38 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 38 - dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 2F.

DADOS DA ENTRADA REAL					
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>				
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="26.4000"/>				
Tensao(V):	<input type="text" value="180.0000"/>				
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="10.3356"/>				
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta:	<input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:06:32"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta:	<input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:51:09"/>				
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>				
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:45:19"/>				
<input type="button" value="Salvar"/>					
<input type="button" value="Voltar"/>					

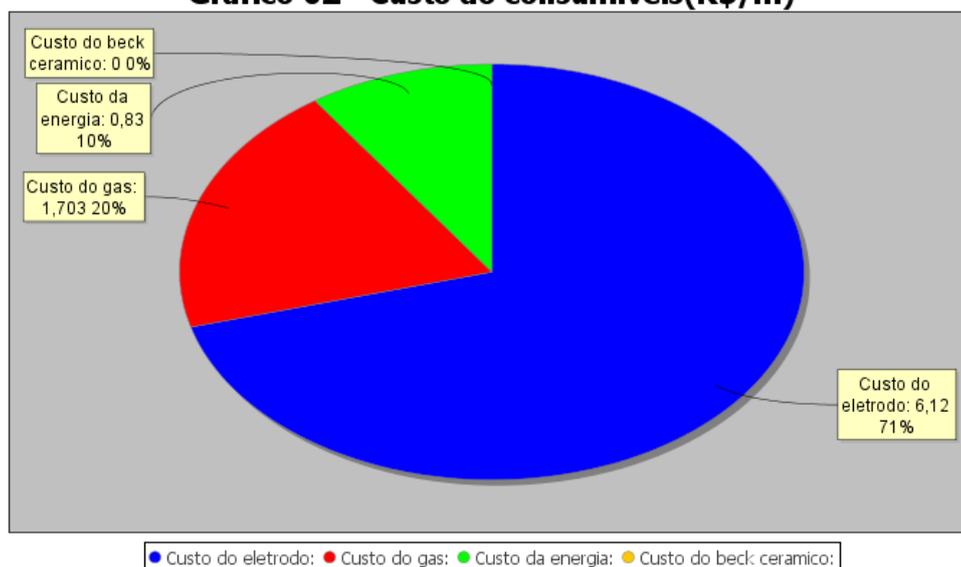
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica em 5,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

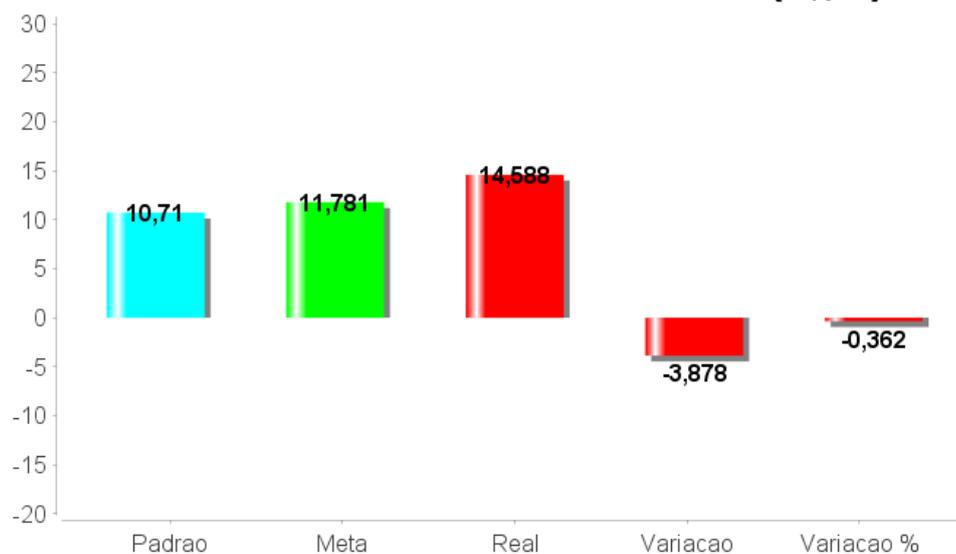
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,10%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$/m 0,338 com os custos primários dos consumíveis.

**Gráfico 02 - Custo do consumíveis(R\$/m)**

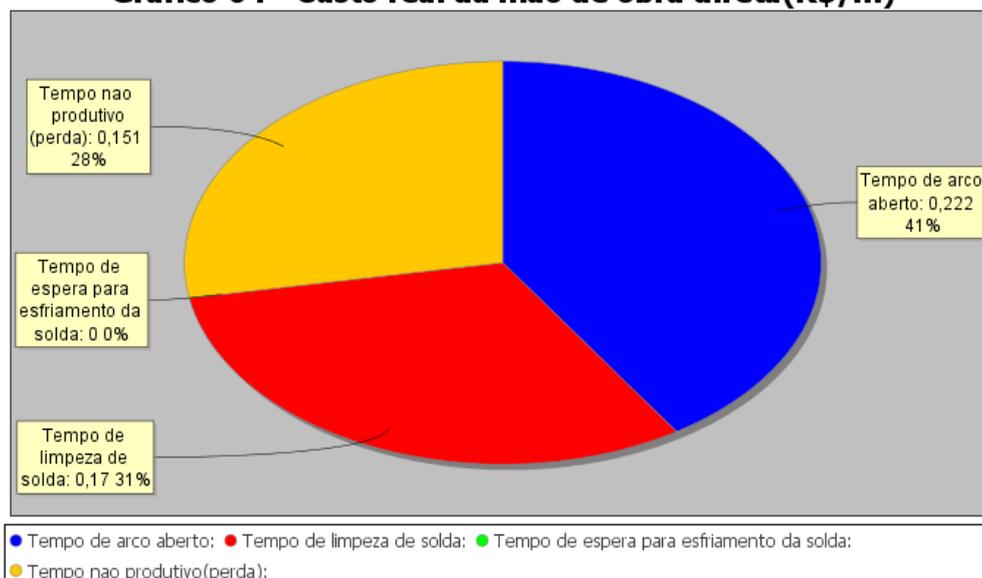
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do eletrodo e no custo do gás com 71% e no custo da energia elétrica, com 20%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

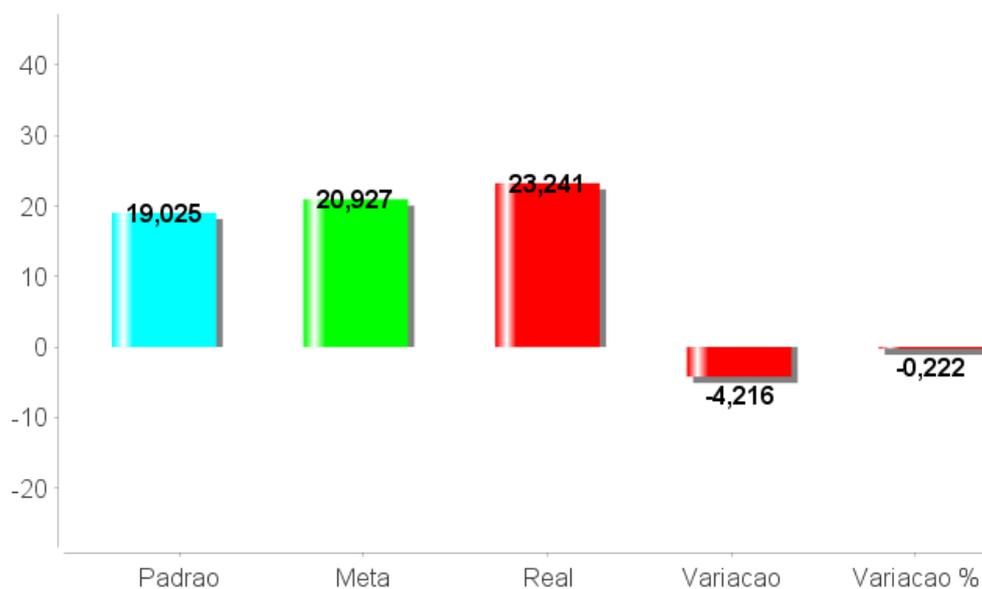
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável 36,20%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 3,878 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

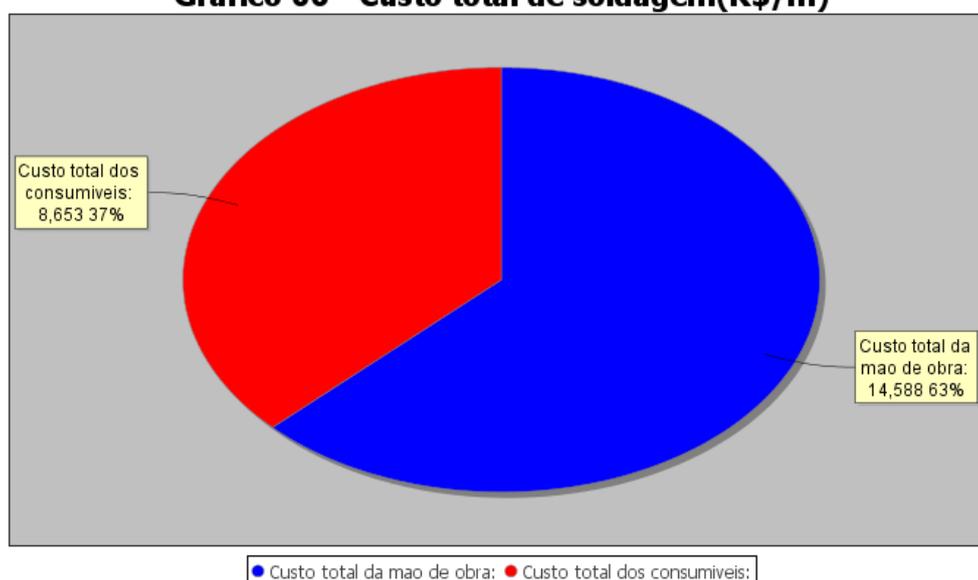
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo de limpeza de solda, respectivamente com 41% e 31%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

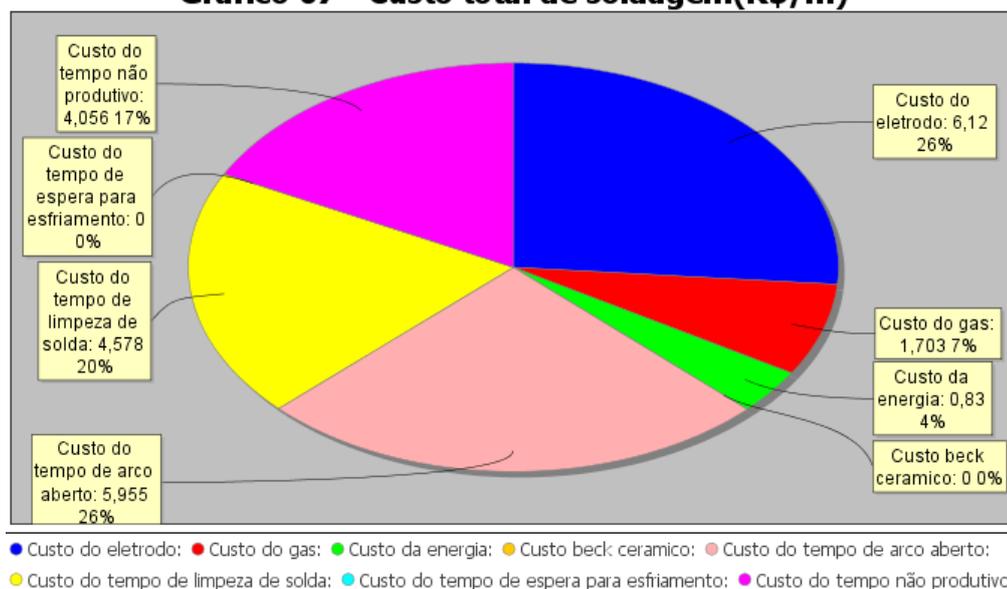
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 22,20%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 4,216 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

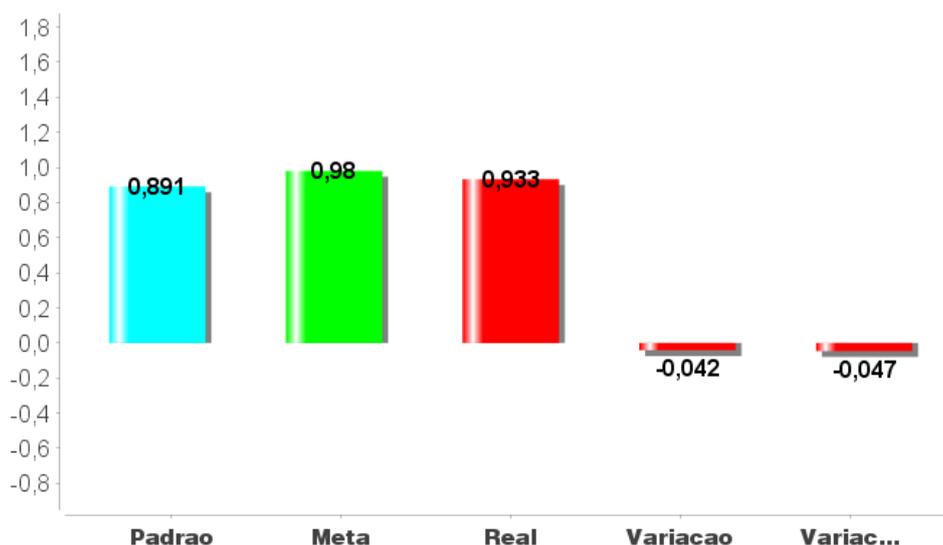
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 37% e da mão de obra com 63%, com relação ao custo total deles.

**Gráfico 07 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

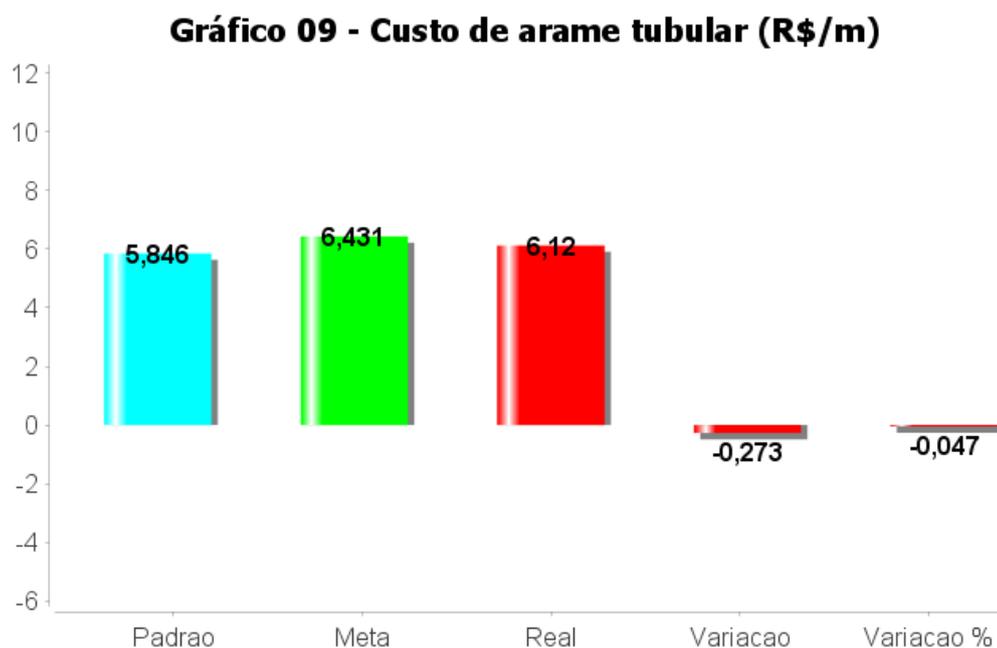
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 26% e 26%.

**Gráfico 08 - Consumo de arame tubular(Kg/m)**

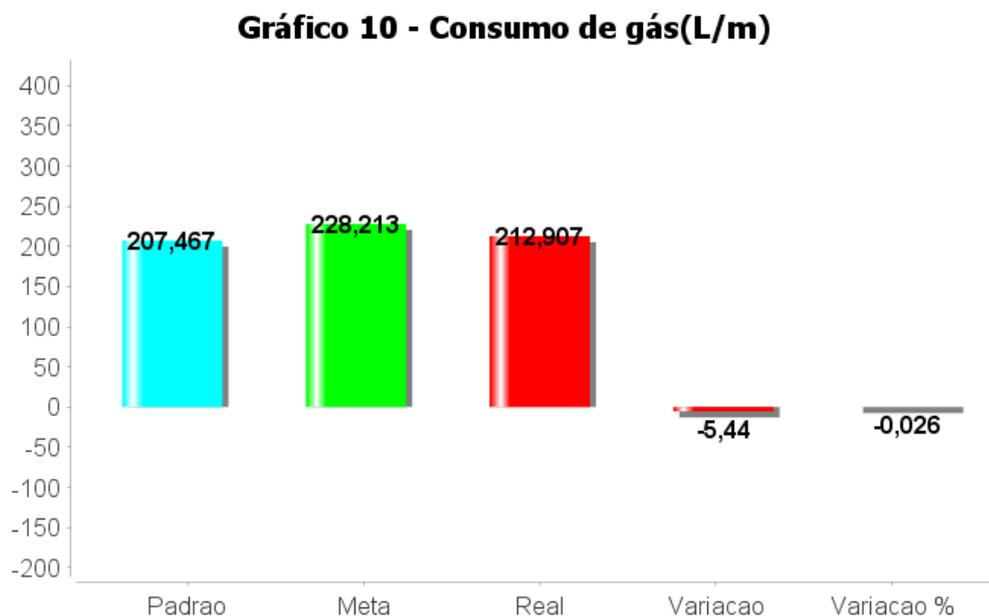
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,7%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,042 por metro de chapa soldada.



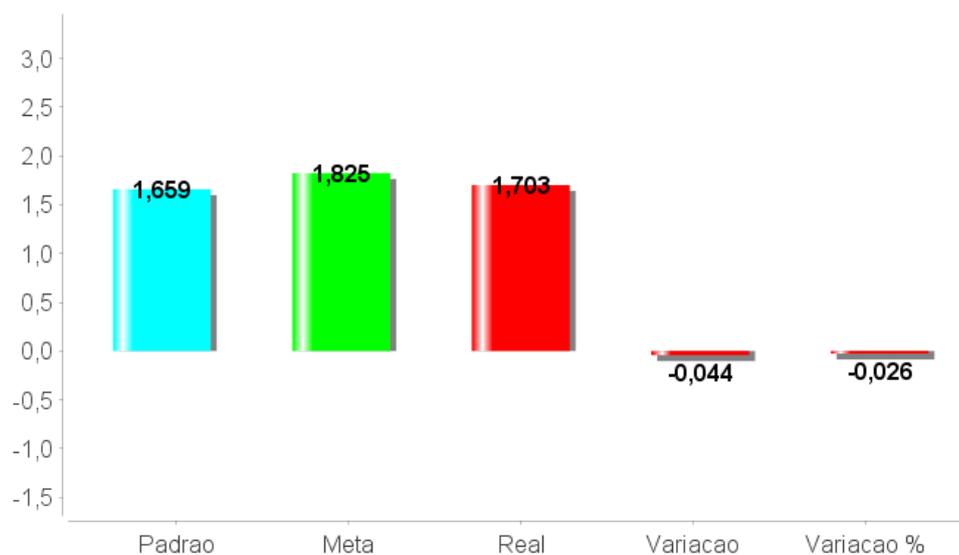
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 4,70%. Ou seja, um custo superior de R\$/Kg 0,018 para cada metro de chapa soldada.



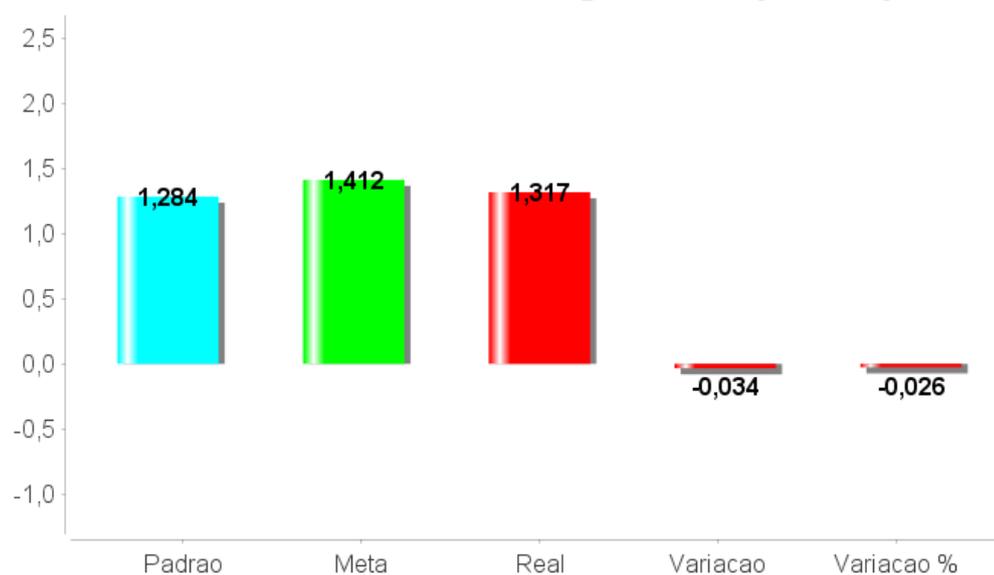
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 2,6%. Ou seja, um consumo superior de l/m 5,44 por metro de chapa soldada.

**Gráfico 11 - Custo do gas (R\$/m)**

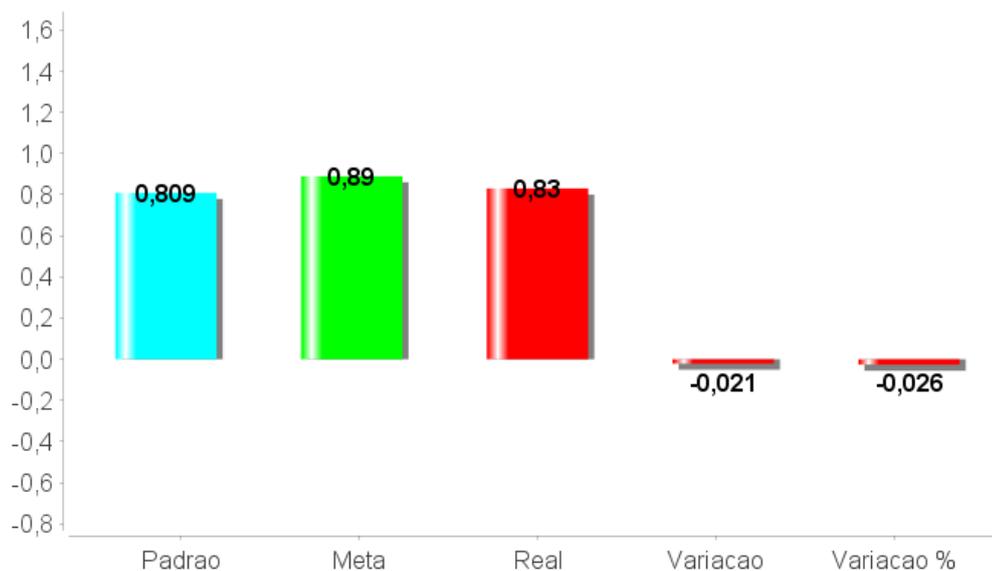
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 2,60%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,044 para cada metro de soldagem.

**Gráfico 12 - Consumo de energia elétrica (Kwh/m)**

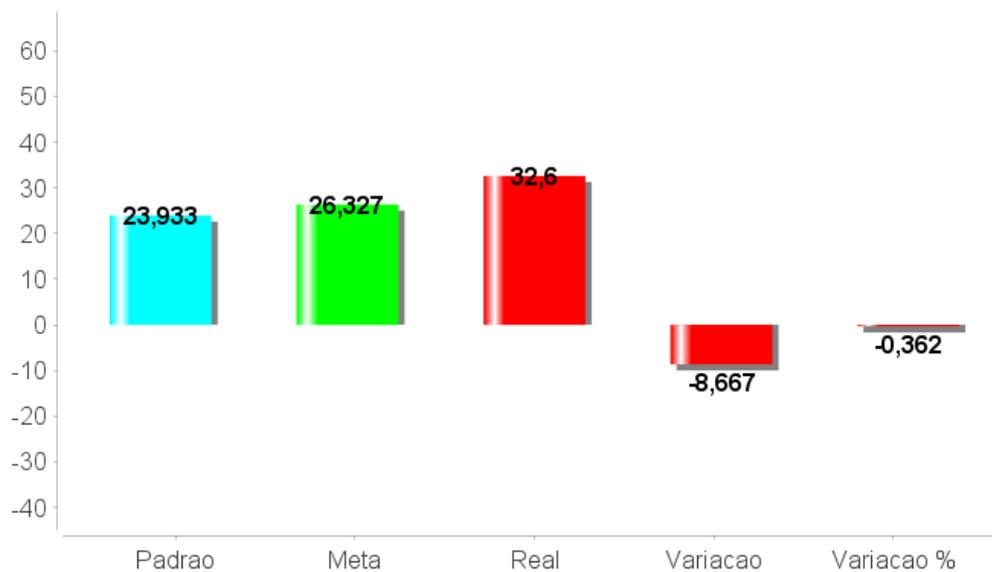
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 2,60%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,034 de chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

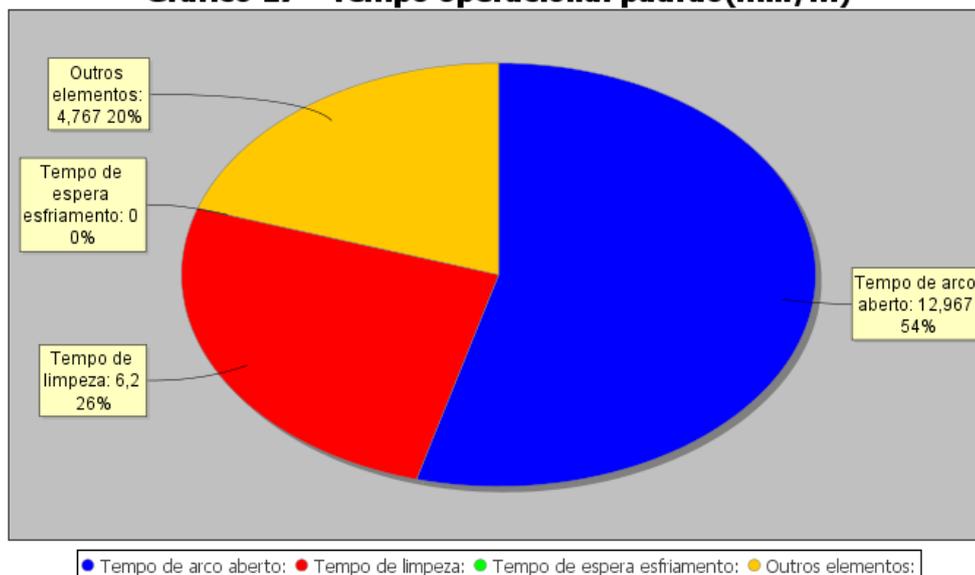
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 2,6%. Ou seja, um custo a maior de R\$/m 0,21.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

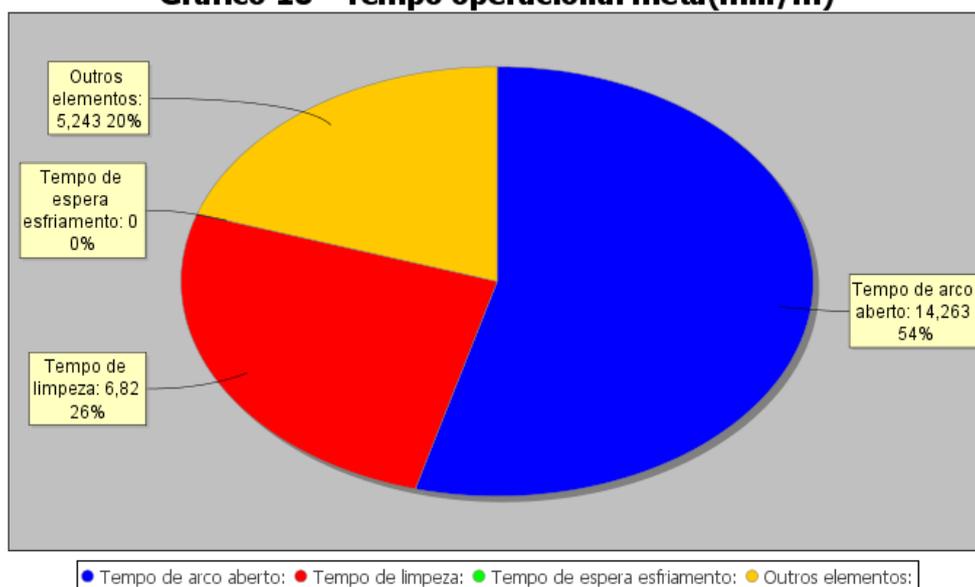
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 36,20%. Ou seja, um tempo superior de 8,667 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

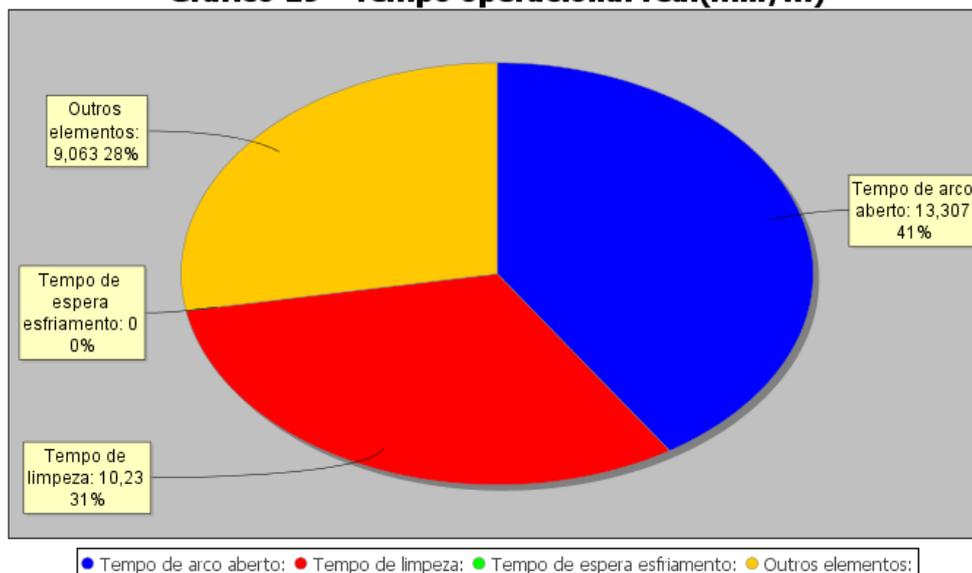
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

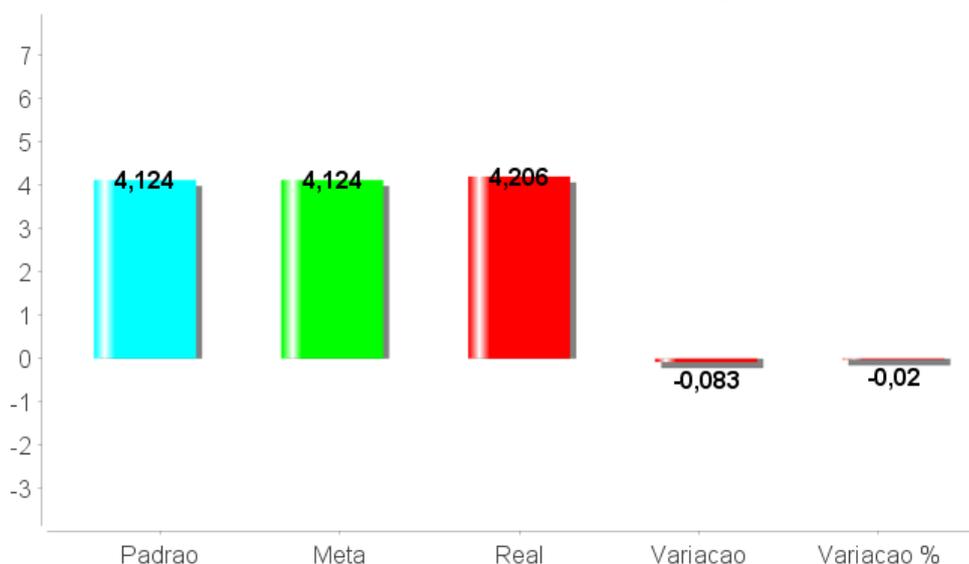
O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior.

**Gráfico 19 - Tempo operacional real(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

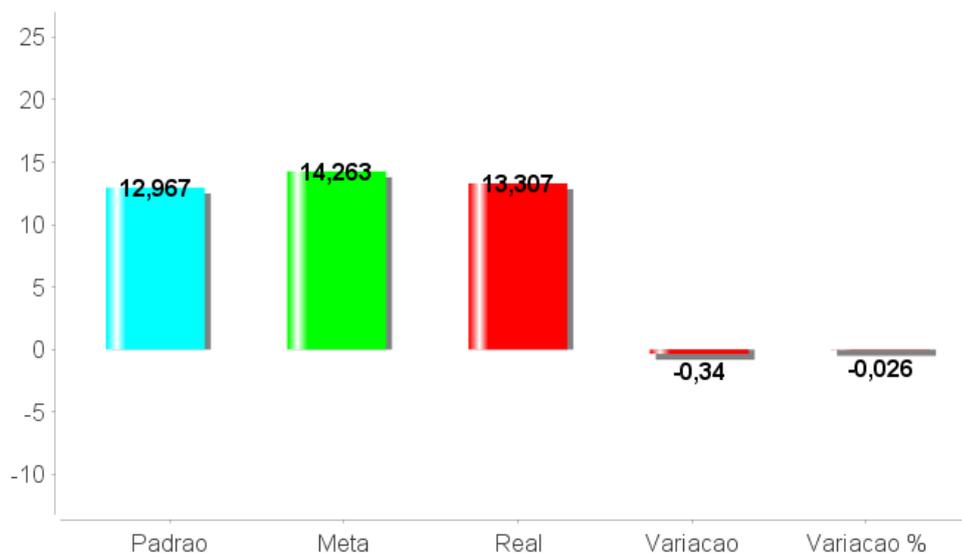
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.

**Gráfico 20 - Taxa de deposicao(Kg/h)**

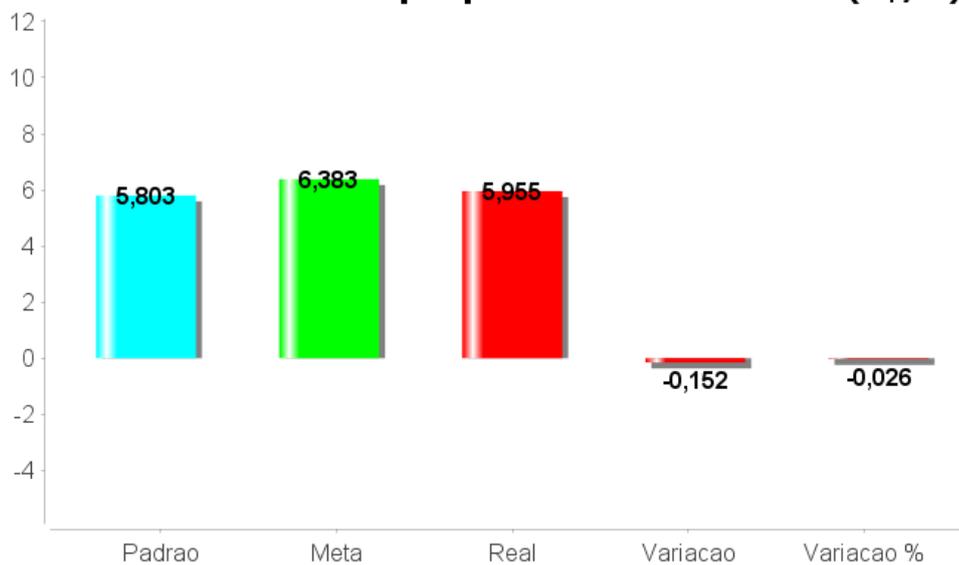
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se uma variação desfavorável de 2,0%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

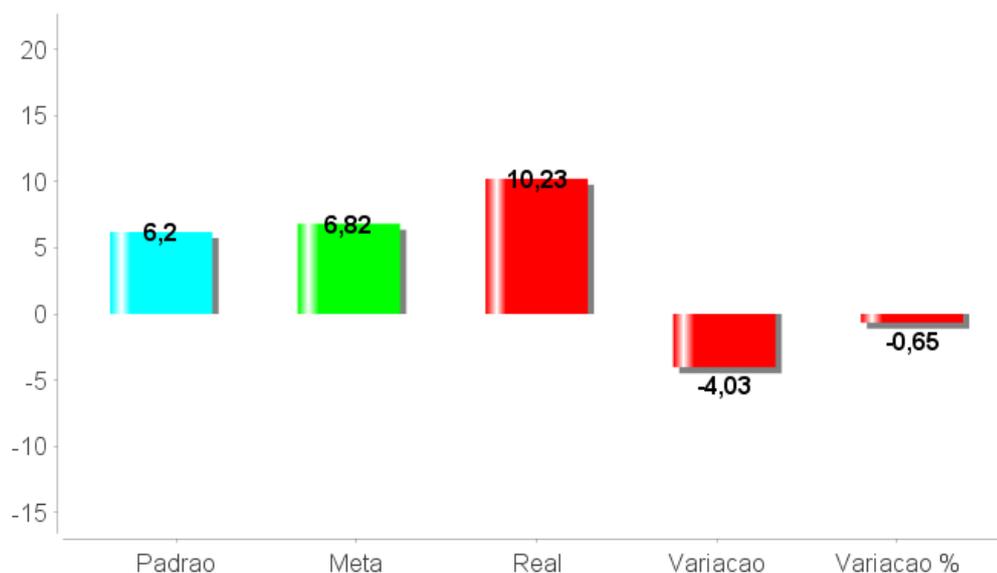
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 2,6%. Ou seja, um aumento de 0,34 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável de 2,60%, e um aumento de R\$/m 0,152 por chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

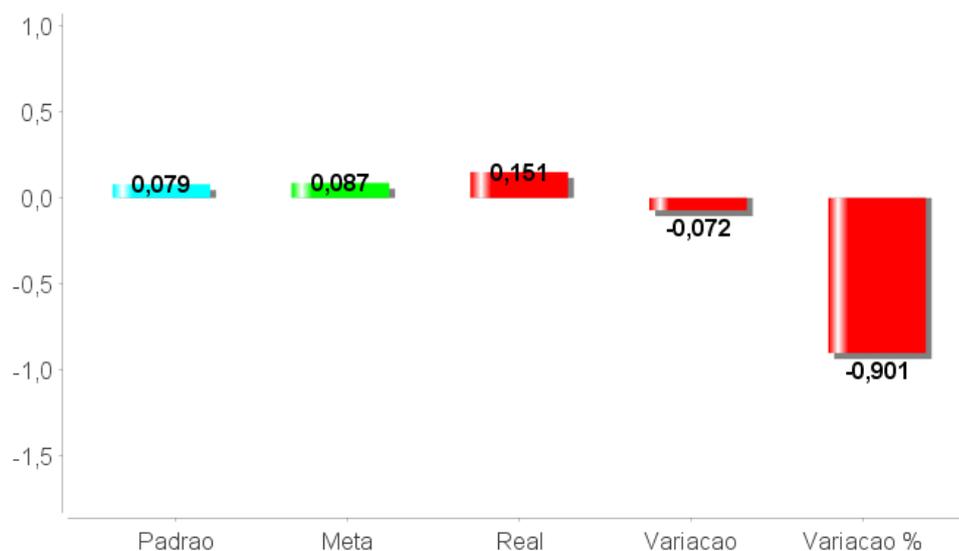
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável 6,50%. Ou seja, um aumento de 4,03 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

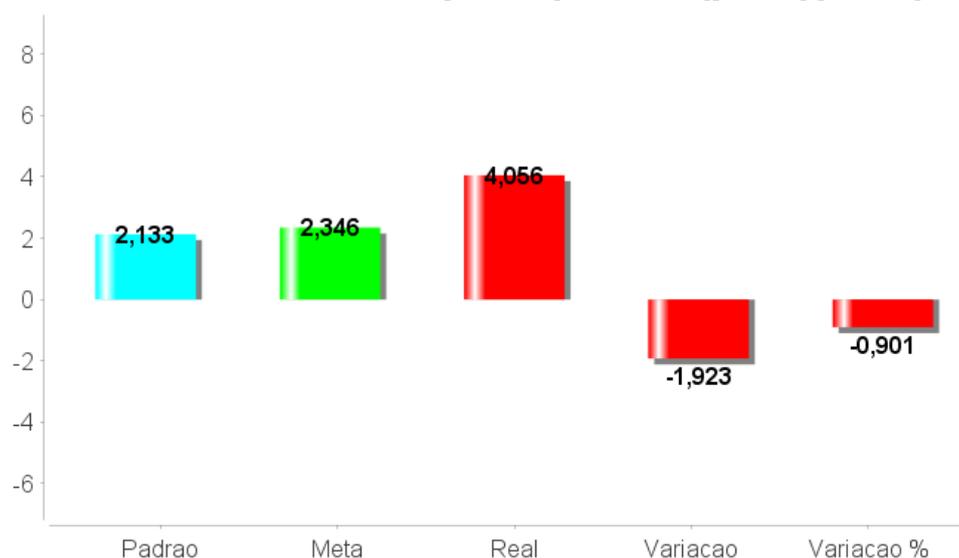
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão uma variação desfavorável de 6,50%, e um aumento de R\$/m 1,803 de chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão uma variação desfavorável 90,10%. Ou seja, um aumento de 0,072 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 90,1%, e um aumento de R\$/m 1,923 de chapa soldada.

#### 6.4 RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW-G, NA POSIÇÃO 3F, COM AÇO ASTM AH-36, COM ESPESSURA DE 18mm, REALIZADO NO ESTALEIRO “B”

Abaixo segue a tela da tabela 39 que apresenta os dados que foram no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, na oficina de treinamento neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 39 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em JAVA, para a determinação do custo padrão, no estaleiro “B”, na posição 3F.

DADOS DA ENTRADA PADRAO				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="0.5000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>			
Kwh:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg):	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="14.5235"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:07:29"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.8500"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:03:20"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:02:25"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

Fonte: Elaborada pelo autor

O custo padrão foi determinado através de corpos de prova soldados na oficina de treinamento com um soldador treinado, trabalhando a uma eficiência de 100% para os métodos de trabalhos hoje praticados neste estaleiro.

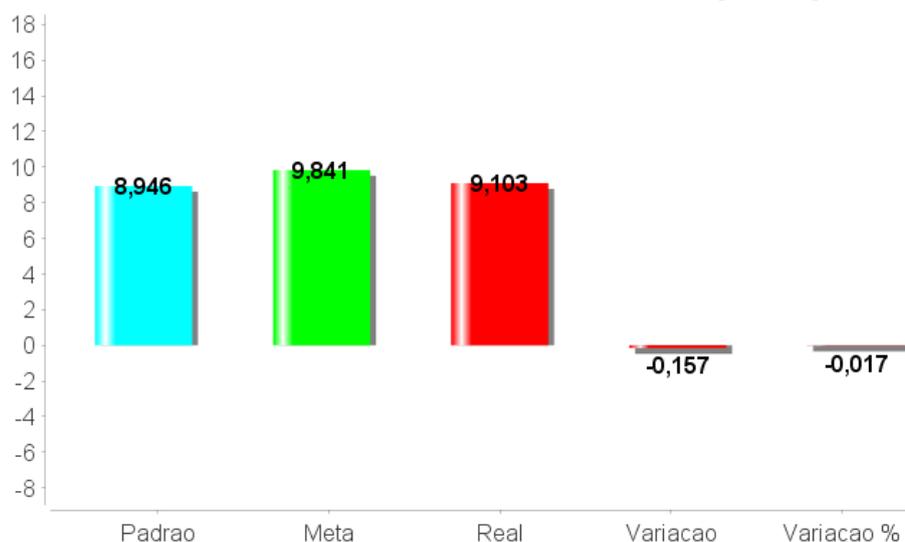
A tabela 40 apresenta os dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no chão de fábrica neste estaleiro, para este estudo de caso.

Tabela 40 - Dados que foram coletados e imputados no programa computacional em *JAVA*, para a determinação do custo real, no estaleiro “B”, na posição 3F.

DADOS DA ENTRADA REAL				
Metragem de chapa soldada(m)	<input type="text" value="5.0000"/>			
Vazao do gas(L/min):	<input type="text" value="16.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="4.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Corrente eletrica(A):	<input type="text" value="24.8000"/>			
Tensao(V):	<input type="text" value="160.0000"/>			
Kw/h:		Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.6300"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) antes da solda(Kg) :	<input type="text" value="15.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="6.5600"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Peso(eletrodo) depois da solda(Kg):	<input type="text" value="10.1770"/>			
Beck ceramico(m):	<input type="text" value="0.0000"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="0.0000"/>	Meta: <input type="text" value="1.0"/>
Tempo de arco aberto(HH:MM:SS):	<input type="text" value="01:17:04"/>	Valor de compra(R\$):	<input type="text" value="26.85"/>	Meta: <input type="text" value="1.1"/>
Tempo de limpeza de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:56:02"/>			
Tempo de esfriamento do cordao de solda(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:00:00"/>			
Tempo nao produtivo(perdas)(HH:MM:SS):	<input type="text" value="00:44:08"/>			
<input type="button" value="Salvar"/>				
<input type="button" value="Voltar"/>				

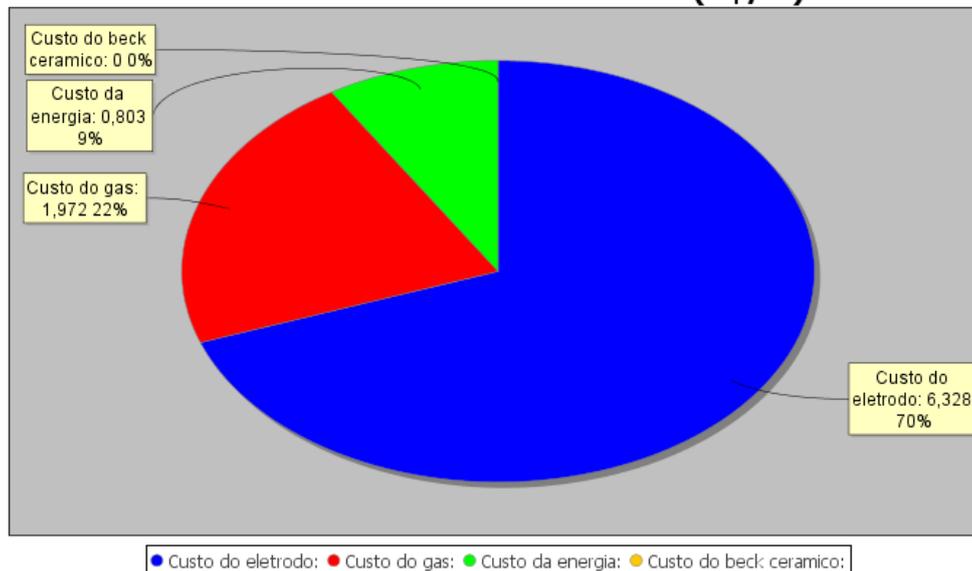
Fonte: Elaborada pelo autor

Para este experimento o custo real foi determinado através de acompanhamento nas condições reais de trabalho no chão de fábrica em 10,00m de soldagem. Para anular os efeitos de habilidade e esforço da mão de obra, a soldagem foi realizada pelo mesmo operador que realizou a soldagem para a determinação do custo padrão.

**Gráfico 01 - Custo total dos consumíveis(R\$/m)**

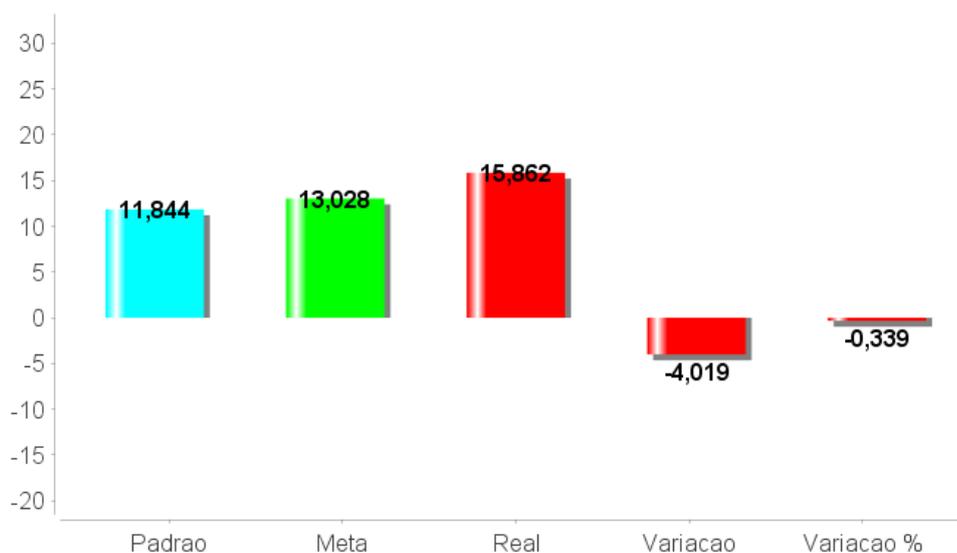
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 1,70%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 0,157, com os custos primários.

**Gráfico 02 - Custo do consumíveis(R\$/m)**

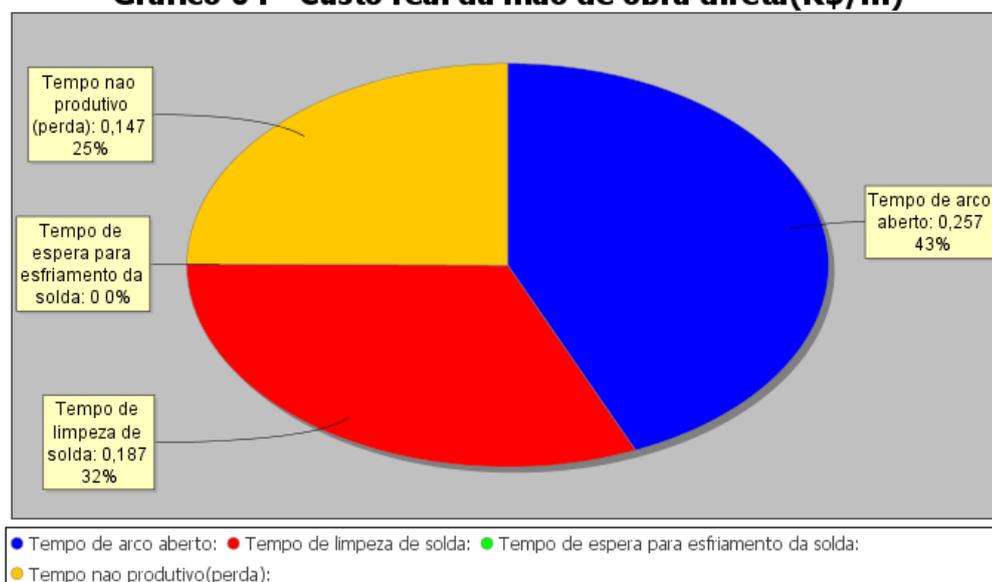
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo de cada consumível no custo total dos consumíveis. Observa-se que a maior participação dos consumíveis está no custo do gás com 22% e no custo do eletrodo, com 70%.

**Gráfico 03 - Custo total da mão de obra direta(R\$/m)**

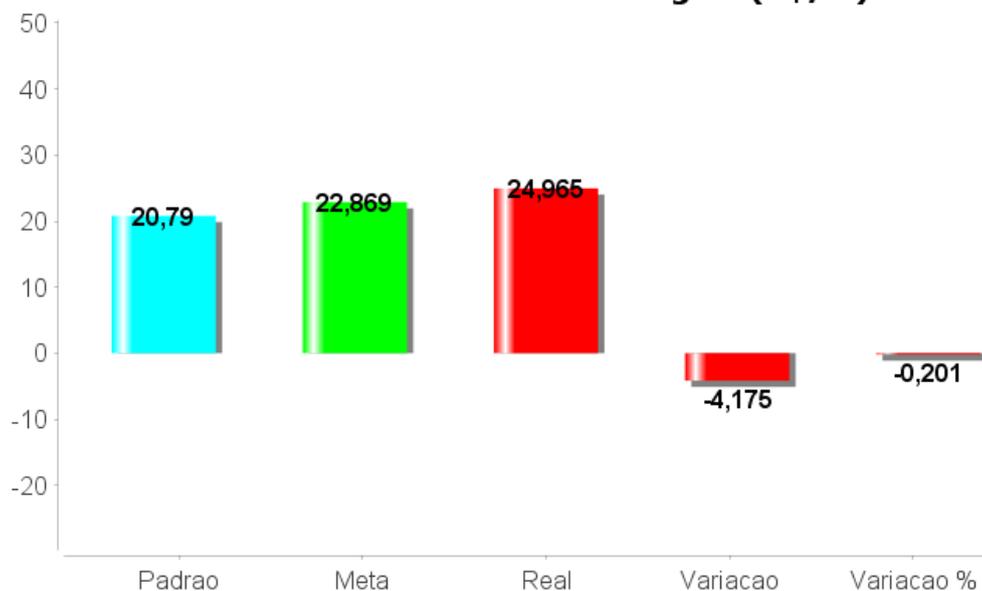
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 33,9%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 4,019 com mão de obra (soldador), por metro de chapa soldada.

**Gráfico 04 - Custo real da mão de obra direta(R\$/m)**

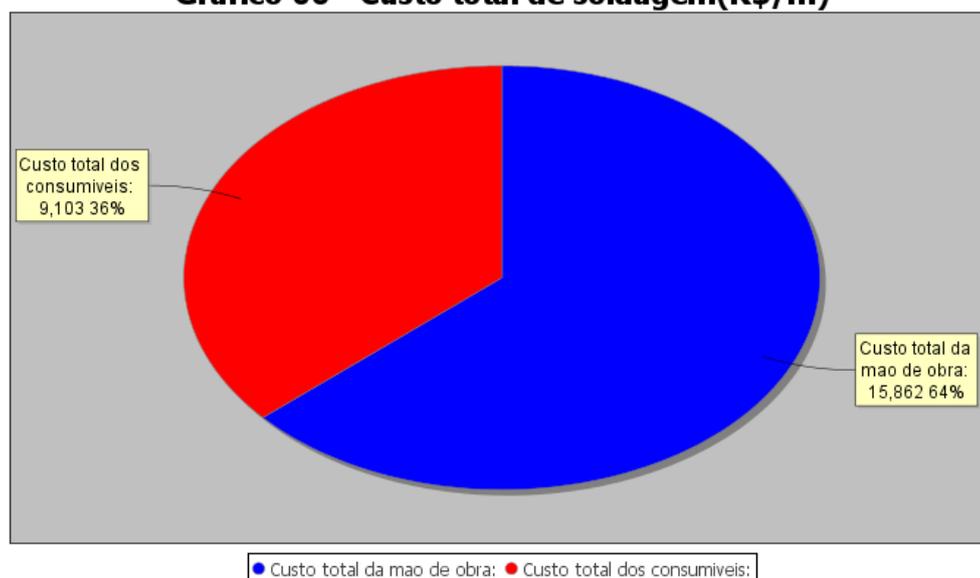
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo da mão de obra na execução de cada tempo operacional no custo total da mão de obra. Observa-se que a maior participação está no tempo operacional de arco aberto e no tempo de limpeza de solda respectivamente com 43% e 32%.

**Gráfico 05 - Custo total de soldagem (R\$/m)**

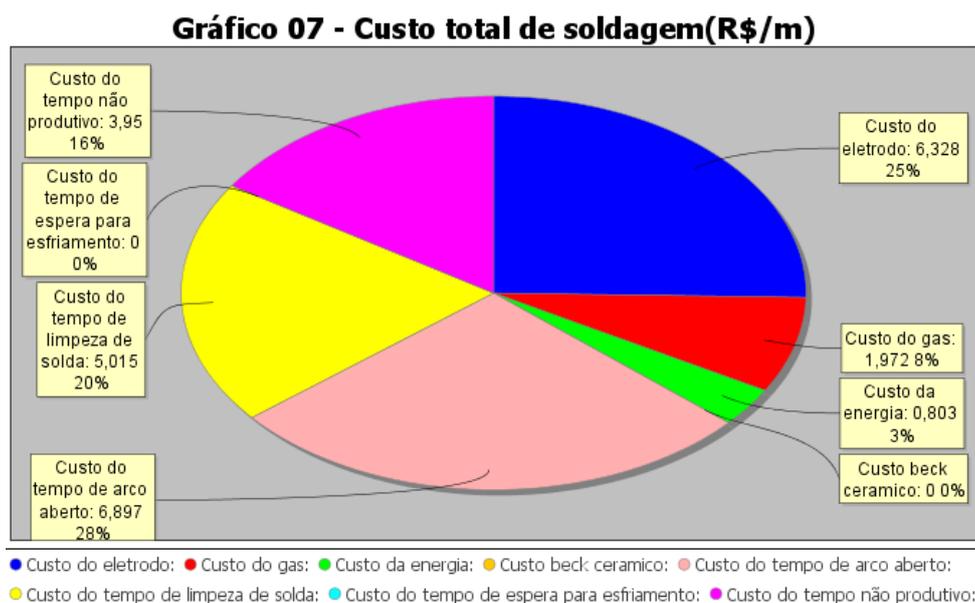
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 20,1%. Ou seja, a cada 1,00m de solda realizada há um prejuízo de R\$ 4,175 nos custos primários, por metro de chapa soldada.

**Gráfico 06 - Custo total de soldagem(R\$/m)**

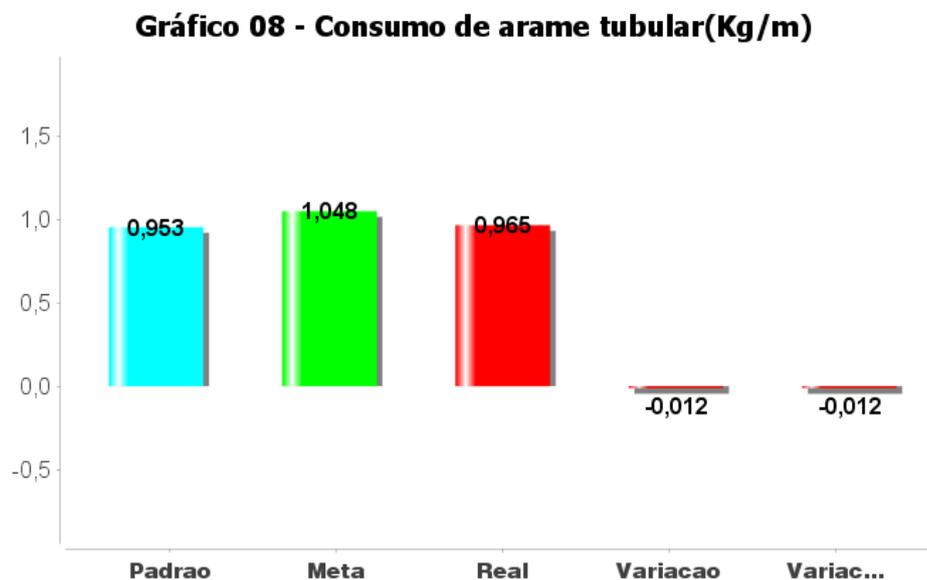
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação do custo dos consumíveis, com 36% e da mão de obra com 64%, com relação ao custo total dos consumíveis.



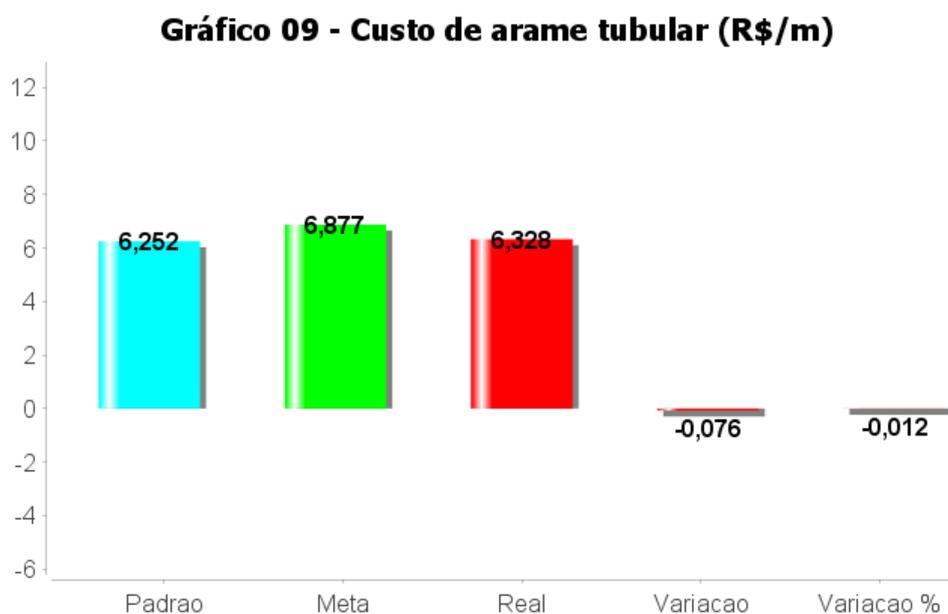
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos custos dos consumíveis e mão de obra, no custo total de soldagem. Observa-se que os custos de tempo de arco aberto e o custo do eletrodo, são os que participam mais na composição do custo total de soldagem/m, sendo respectivamente 28% e 25%.



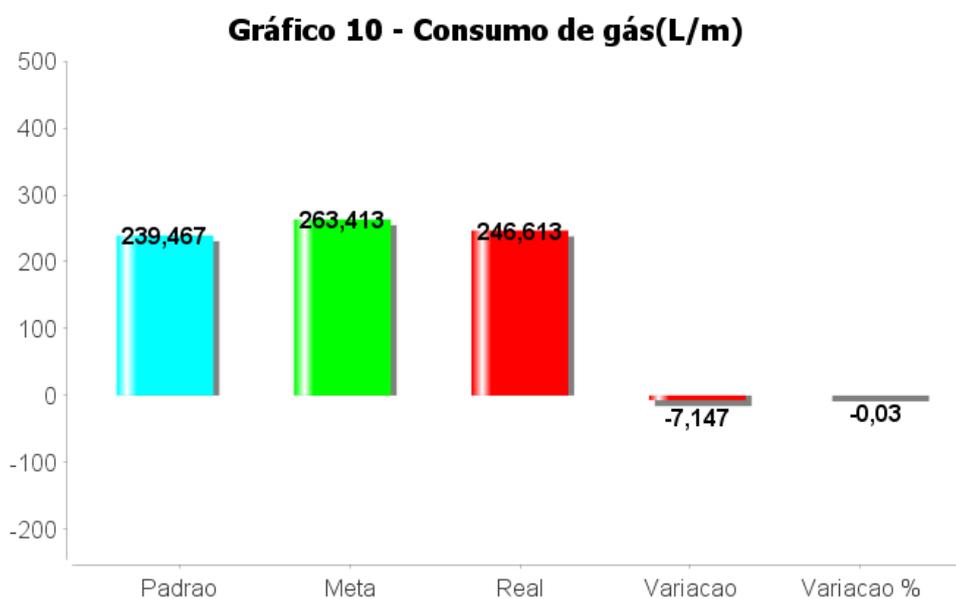
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 1,20%. Ou seja, um consumo superior de Kg/m 0,012 por metro de chapa soldada.



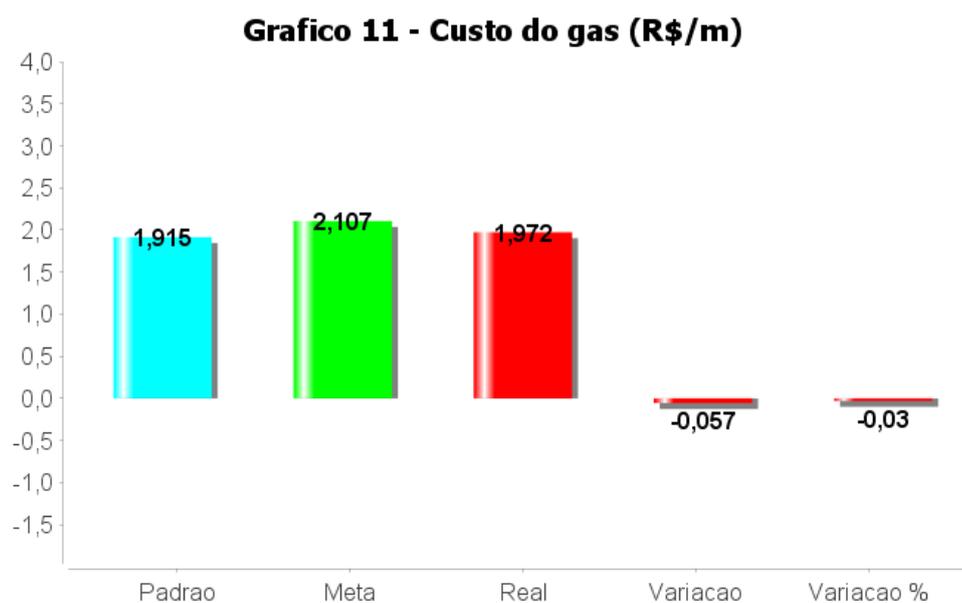
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 1,20%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,076 para cada metro de chapa soldada.



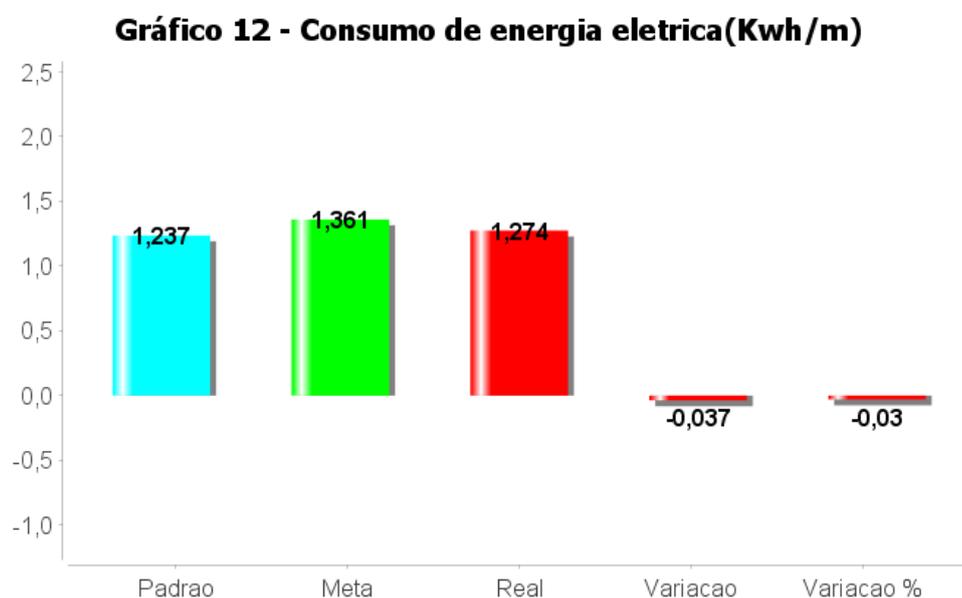
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,0%. Ou seja, um consumo a maior de l/m 7,147 por metro de chapa soldada.



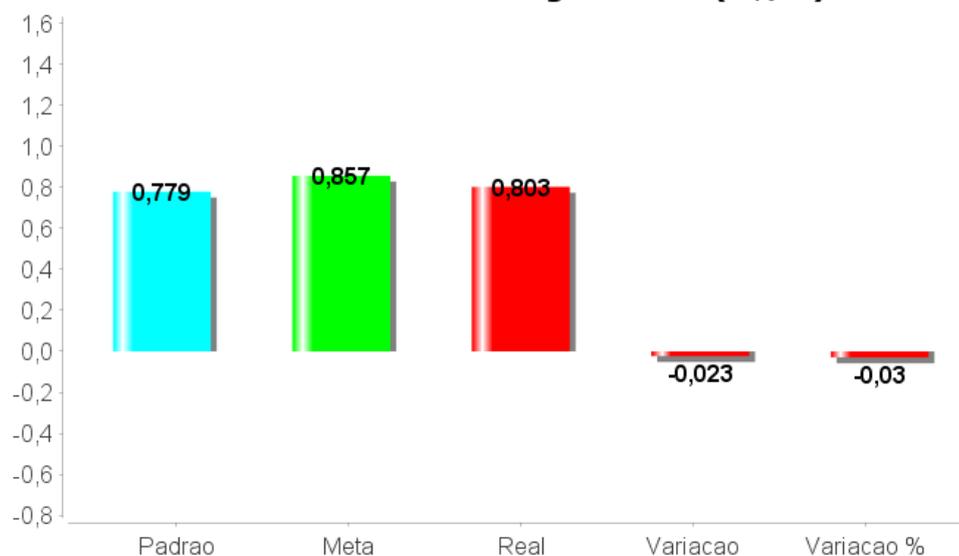
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão apresenta uma variação desfavorável de 3,0%. Ou seja, um custo superior de R\$/m 0,057 para cada metro de soldagem.



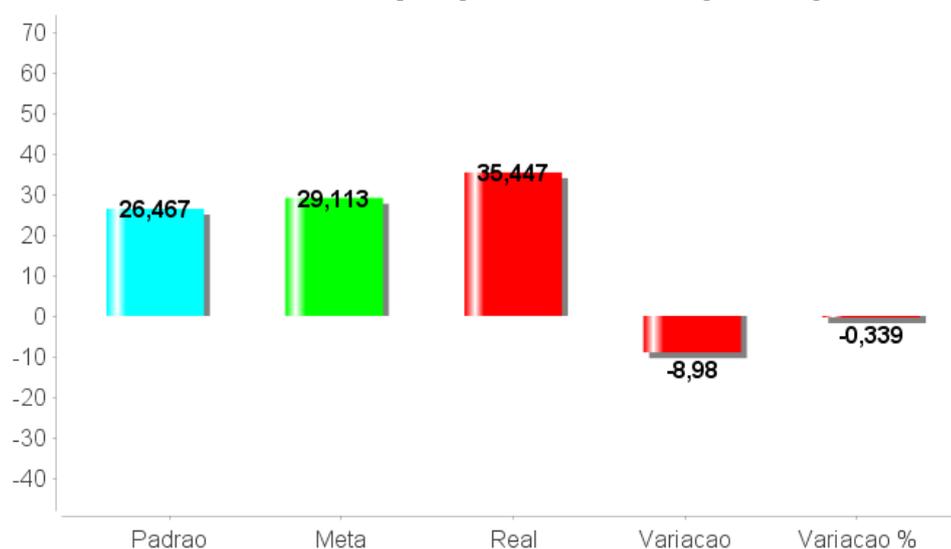
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o consumo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 3,0%. Ou seja, um consumo superior de Kwh/m 0,037 de chapa soldada.

**Gráfico 13 - Custo de energia elétrica(R\$/m)**

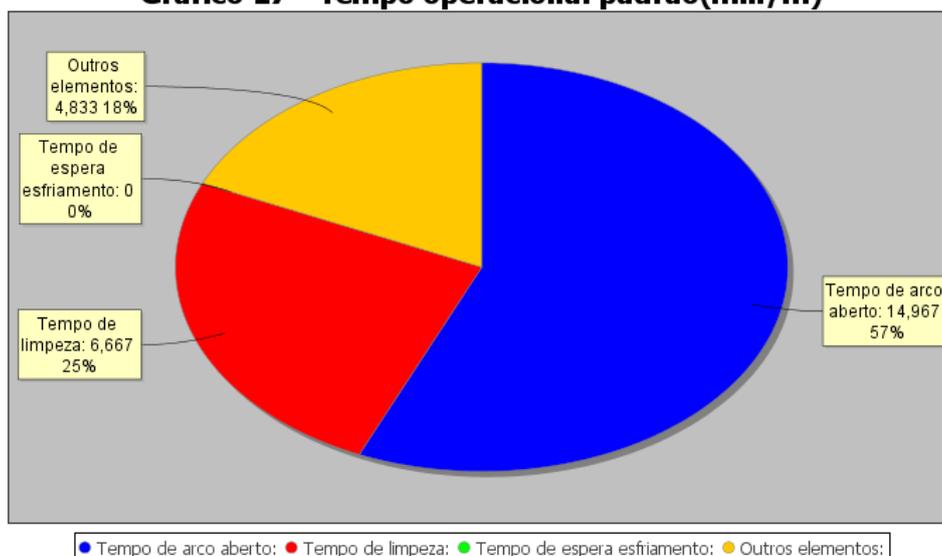
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 3,0%. Ou seja, um custo a maior de R\$/m 0,023.

**Gráfico 16 - Tempo operacional total (min/m)**

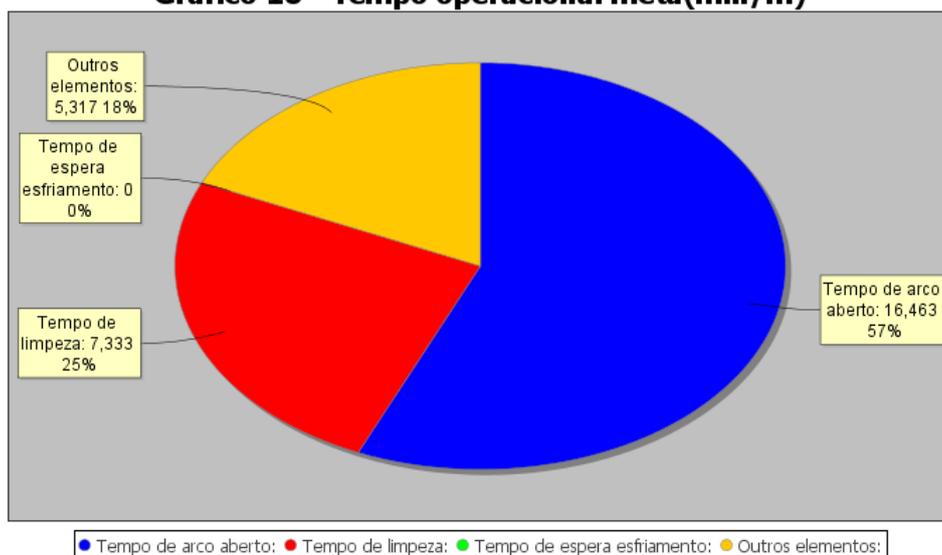
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o tempo operacional total do custo real em relação ao padrão, apresenta uma variação desfavorável de 33,90%. Ou seja, um tempo superior de 8,98 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 17 - Tempo operacional padrão(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no gráfico acima a participação dos elementos operacionais na operação de soldagem. O tempo operacional padrão foi determinado através de cronometragens, na oficina de treinamento, utilizando as técnicas e metodologias da engenharia de métodos, com um soldador bem treinado e operando em uma eficiência de 100%, considerando os métodos padrão praticados no estado atual de fabricação.

**Gráfico 18 - Tempo operacional meta(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

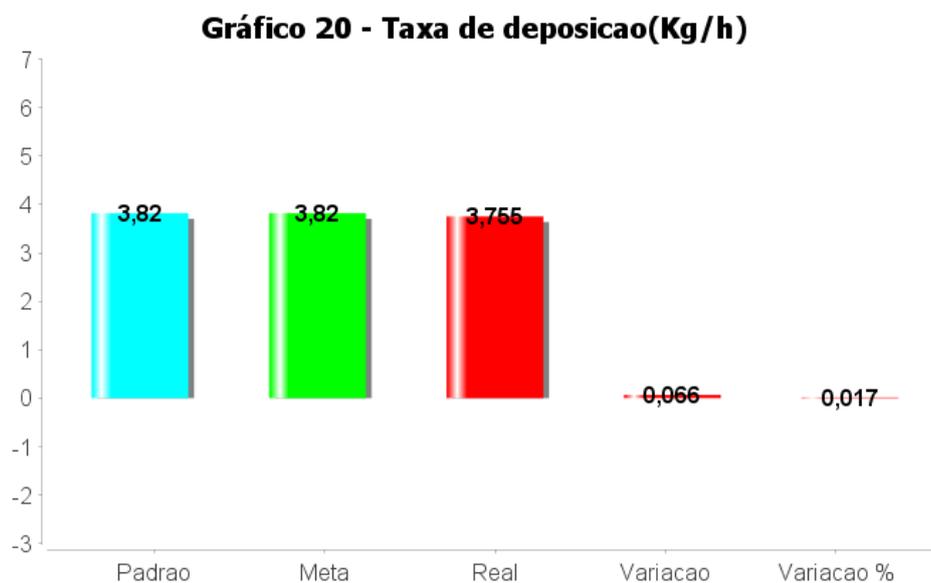
O tempo operacional meta foi determinado dentro de uma premissa gerencial de um valor com 10% superior.



Fonte: Elaborado pelo autor

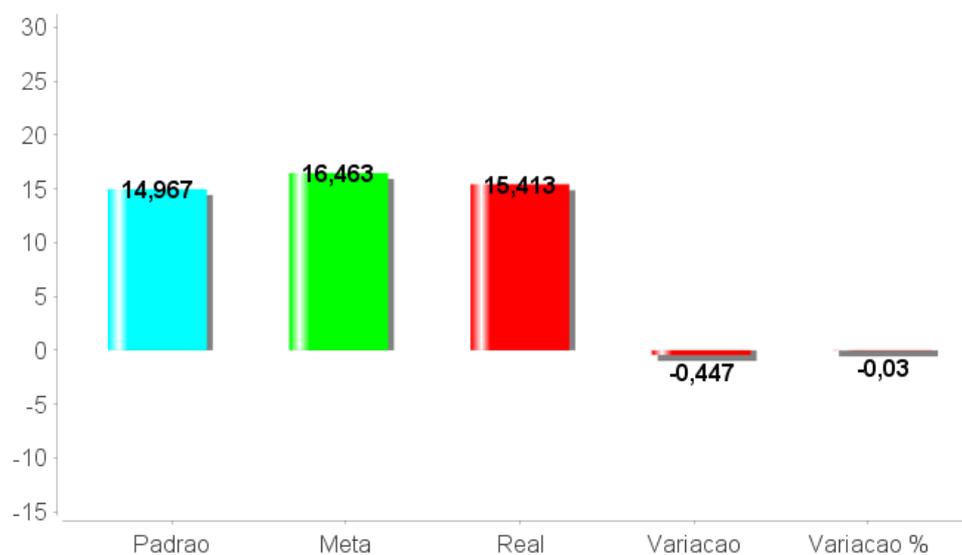
O tempo operacional real foi determinado através de cronometragens, utilizando a engenharia de métodos, no chão de fábrica, com o mesmo soldador treinado que realizou o tempo operacional padrão, a fim de se anular a variável de habilidade e esforço operacional.

A melhor medida de eficiência nos tempos operacionais é observada pela taxa de deposição, que é a relação entre o consumo de arame tubular e o tempo de arco aberto.



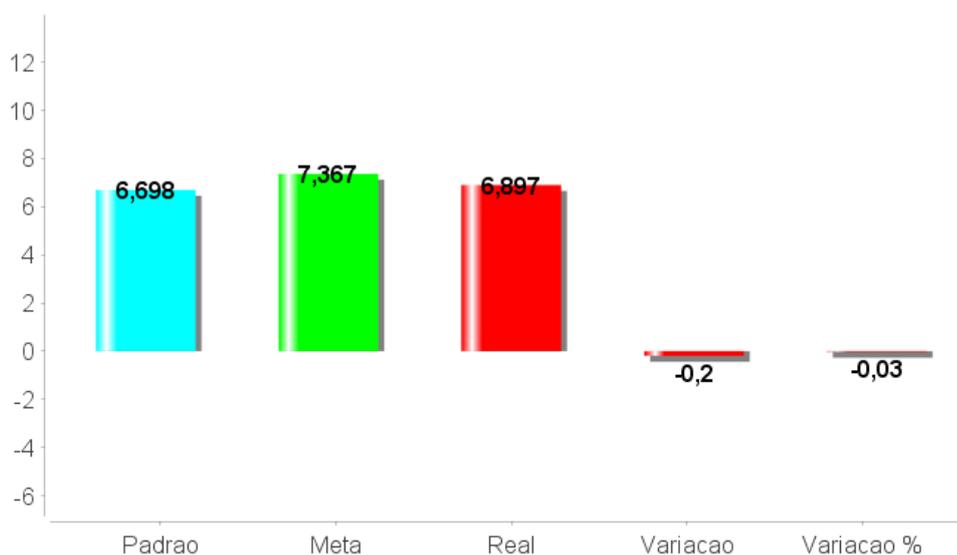
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se um variação desfavorável de 1,7%.

**Gráfico 21 - Tempo operacional de arco aberto(min/m)**

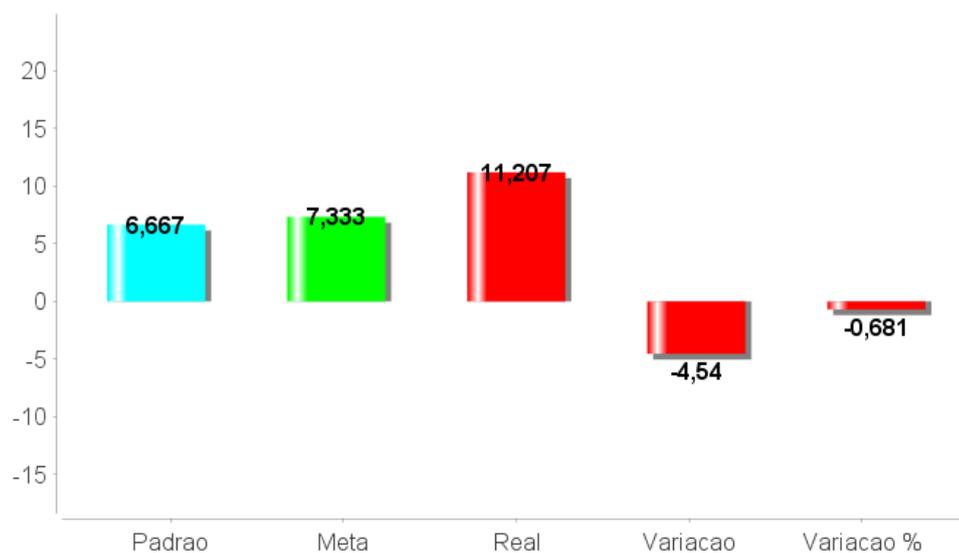
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 3,0%. Ou seja, um aumento de 0,447 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 22 - Custo do tempo operacional de arco aberto(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável de 3,0%, e um aumento de R\$/m 0,200 de chapa soldada.

**Gráfico 23 - Tempo operacional de limpeza de solda(min/m)**

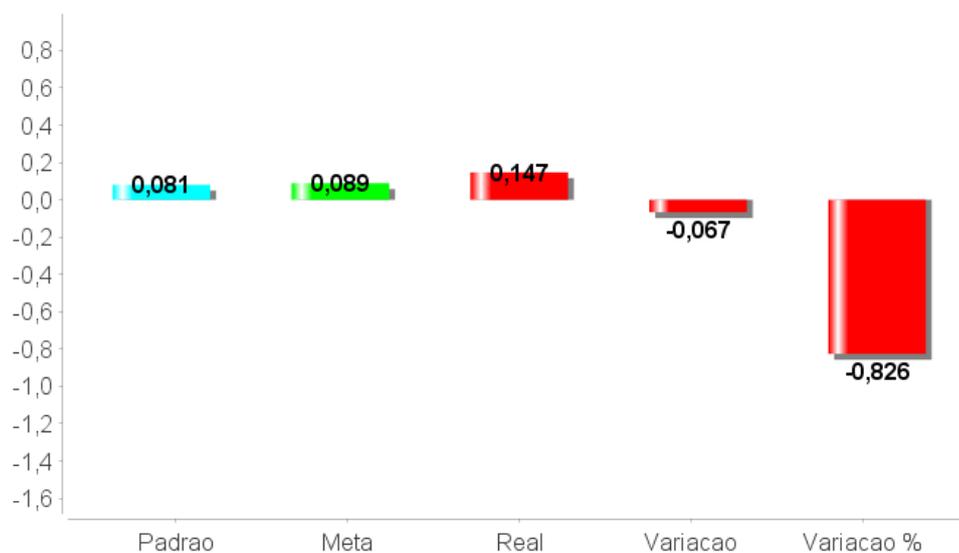
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao tempo padrão, uma variação desfavorável 68,10%. Ou seja, um aumento de 4,540 minutos por metro de chapa soldada.

**Gráfico 24 - Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)**

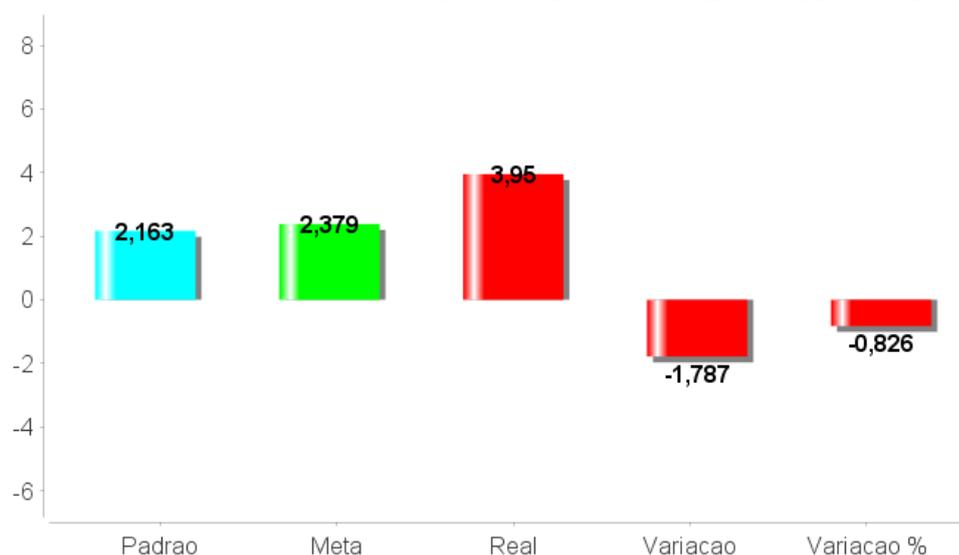
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 68,10%, e um aumento de R\$/m 2,032, de chapa soldada.

**Gráfico 27 - Tempo nao produtivo(perda)(min/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 82,60%, e um aumento de min/m 0,067 de chapa soldada.

**Gráfico 28 - Custo do tempo nao produtivo(perda)(R\$/m)**

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se em relação ao custo padrão, uma variação desfavorável de 82,60%, e um aumento de R\$/m 1,787 de chapa soldada.

## 6.5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “B” NAS POSIÇÕES 1G e 2G

Para efeito de comparação na tabela 41 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “B”.

Tabela 41 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1G e 2G no estaleiro “B”

Tabela comparativa dos custos entre as posições de soldagem 1G e 2G no estaleiro B"														
Posição de soldagem:	1G					2G					Diferença (1G - 2G)			
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	41,973	52,746	100%	10,773	25,67%	38,130	50,238	100%	12,11	31,75%	3,84	9,16%	2,51	4,75%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	12,378	13,331	25,27%	0,953	7,70%	11,518	12,443	24,77%	0,925	8,03%	0,86	6,95%	0,89	6,66%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	29,595	39,414	74,72%	9,819	33,18%	26,611	37,795	75,23%	11,18	42,03%	2,98	10,08%	1,62	4,11%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,952	0,984	1,87%	0,032	3,36%	0,851	0,875	1,74%	0,02	2,82%	0,10	10,61%	0,11	11,08%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	3,984	4,234	8,03%	0,250	6,28%	3,673	3,922	7,81%	0,25	6,78%	0,31	7,81%	0,31	7,37%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	13,932	14,806	28,07%	0,874	6,27%	12,843	13,714	27,30%	0,87	6,78%	1,09	7,82%	1,09	7,38%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	8,010	11,893	22,55%	3,883	48,48%	4,296	6,761	13,46%	2,47	57,38%	3,71	46,37%	5,13	43,15%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	1,942	2,064	3,91%	0,122	6,28%	1,495	1,596	3,18%	0,10	6,76%	0,45	23,02%	0,47	22,67%
Gráfico 15 – Custo de back cerâmico (R\$/m)	5,500	6,050	11,47%	0,550	10,00%	5,500	6,050	12,04%	0,55	10,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m)	4,057	6,365	12,07%	2,308	56,89%	2,044	3,256	6,48%	0,49	24,17%	2,01	49,62%	3,11	48,85%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	3,595	6,350	12,04%	2,755	76,63%	7,429	14,065	28,00%	6,64	89,33%	-3,83	-106,65%	-7,72	-121,50%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que quando comparado o custo padrão corrente do custo total de soldagem da posição 1G, com relação a posição 2G, na posição 1G é R\$/m 3,84 superior ao da posição 2G, representando 9,16% a mais, com relação ao da posição 2G. Quando comparado o custo real do custo total de soldagem da posição 1G, com relação ao da posição 2G, na posição 1G é R\$/m 2,51 superior ao da posição 2G, representando 4,75% a mais, com relação ao da posição 2G. O maior responsável por essa diferença está no custo total da mão de obra direta (soldador), no custo padrão corrente, com R\$/m 2,98 superior em relação à posição 2G, representando 10,08% a mais, e no custo real, com R\$/m 1,62 superior em relação a posição 2G, representando 4,11% superior. Na construção de um navio a quantidade de solda na posição 1G é superior a da posição 2G, essa é uma das razões para que os gestores estejam atentos as causa raiz dessas diferenças, e fazer trabalhos de melhorias no processo de soldagem na posição 1G.

## 6.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NO ESTALEIRO “B” NAS POSIÇÕES 2F e 3F

Para efeito de comparação na tabela 42 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 2G e 3F no estaleiro “B”.

Tabela 42 - Resultados dos custos dos experimentos realizados nas posições 1F e 2F no estaleiro “B”

Tabela comparativa dos custos entre as posições de soldagem 2F e 3F no estaleiro "B"														
Posição de soldagem:	2F					3F					Diferença (2F- 3F)			
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	13,568	17,529	100,00%	3,961	29,19%	14,955	19,059	100,00%	4,104	27,44%	-1,387	-1,530	-0,143	-0,82%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	2,858	2,941	16,78%	0,083	2,90%	3,112	3,197	16,77%	0,085	2,73%	-0,254	-0,256	-0,002	-0,07%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	10,710	14,588	83,22%	3,878	36,21%	11,844	15,862	83,23%	4,018	33,92%	-1,134	-1,274	-0,140	-0,96%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,390	0,408	2,33%	0,018	4,62%	0,417	0,422	2,21%	0,005	1,20%	-0,027	-0,014	0,013	3,19%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	1,659	1,703	9,72%	0,044	2,65%	1,915	1,972	10,35%	0,057	2,98%	-0,256	-0,269	-0,013	-0,76%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	0,809	0,803	4,58%	-0,006	-0,74%	0,779	0,803	4,21%	0,024	3,08%	0,030	0,000	-0,030	-3,74%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	5,803	5,955	33,97%	0,152	2,62%	6,698	6,897	36,19%	0,199	2,97%	-0,895	-0,942	-0,047	-0,79%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	2,775	4,578	26,12%	1,803	64,97%	2,983	5,015	26,31%	2,032	68,12%	-0,208	-0,437	-0,229	-5,00%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	2,133	4,056	23,14%	1,923	90,15%	2,163	3,950	20,73%	1,787	82,62%	-0,030	0,106	0,136	3,35%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 3F, em todos os seus indicadores que compõem os custos de soldagem, tanto no custo padrão corrente, assim como no custo real, apresentam valores superiores aos da posição 2F. Verifica-se que na posição 2F o custo real do total do processo de soldagem é R\$ 0,143 menor, em relação ao da posição 3F, representando -0,82% a menos. Sendo o custo da mão de obra da posição 2F, responsável maior por esta diferença.

## 6.7 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 1G

Para efeito de comparação na tabela 43 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 1G nos estaleiros “A” e “B”.

Tabela 43 - Resultados dos experimentos realizados na posição 1G nos estaleiros “A” e “B”

Tabela comparativa dos custos da posição de soldagem 1G entre os estaleiros "A" e "B"														
Esaleiro:	"A"					"B"					Diferença ("A" - "B")			
Posição de soldagem:	1G					1G								
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	45,936	59,754	100%	13,818	30,08%	41,97	52,75	100%	10,77	25,67%	3,96	8,63%	7,01	11,73%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	12,940	14,033	23,48%	1,093	8,45%	12,38	13,33	25,27%	0,953	7,70%	0,56	4,34%	0,70	5,00%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	32,996	45,721	76,52%	12,725	38,57%	29,60	39,41	74,72%	9,82	33,18%	3,40	10,31%	6,31	13,79%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,981	1,020	1,71%	0,039	3,98%	0,95	0,98	1,87%	0,03	3,36%	0,03	2,96%	0,04	3,53%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	4,343	4,682	7,84%	0,339	7,81%	3,98	4,23	8,03%	0,25	6,28%	0,36	8,27%	0,45	9,57%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	15,185	16,371	27,40%	1,186	7,81%	13,93	14,81	28,07%	0,87	6,27%	1,25	8,25%	1,57	9,56%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	8,771	13,303	22,26%	4,532	51,67%	8,01	11,89	22,55%	3,88	48,48%	0,76	8,68%	1,41	10,60%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	2,116	2,282	3,82%	0,166	7,84%	1,94	2,06	3,91%	0,12	6,28%	0,17	8,22%	0,22	9,55%
Gráfico 15 – Custo de back cerâmico (R\$/m)	5,500	6,050	10,12%	0,550	10,00%	5,50	6,05	11,47%	0,55	10,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m)	4,937	8,018	13,42%	3,081	62,41%	4,06	6,37	12,07%	0,49	12,18%	0,88	17,82%	1,65	20,62%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	4,102	8,030	13,44%	3,928	95,76%	3,60	6,35	12,04%	2,76	76,63%	0,51	12,36%	1,68	20,92%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 3F, em todos os seus indicadores que compõem os custos de soldagem, tanto no custo padrão corrente, assim como no custo real, apresentam valores superiores aos da posição 2F. Verifica-se que na posição 2F o custo real do total do processo de soldagem é R\$ 0,143 menor, em relação ao da posição 3F, representando -0,82% a menos. Sendo o custo da mão de mão da posição 2F, responsável maior por esta diferença.

## 6.8 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 2G

Para efeito de comparação na tabela 44 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 2G nos estaleiros “A” e “B”.

Tabela 44 - Resultados dos experimentos realizados na posição 2G nos estaleiros “A” e “B”

Tabela comparativa dos custos da posição de soldagem 2G entre os estaleiros "A" e "B"														
Esaleiro:	"A"					"B"					Diferença ("A" - "B")			
Posição de soldagem:	2G					2G								
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	45,94	59,75	100%	13,818	30,08%	38,13	50,24	100%	12,11	31,75%	7,8060	16,99%	9,52	15,93%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	12,94	14,03	23,48%	1,093	8,45%	11,52	12,44	24,77%	0,92	8,03%	1,4220	10,99%	1,59	11,33%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	33,00	45,72	76,52%	12,725	38,57%	26,61	37,80	75,23%	11,18	42,03%	6,3850	19,35%	7,93	17,34%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,98	1,02	1,71%	0,039	3,98%	0,85	0,88	1,74%	0,02	2,82%	0,1300	13,25%	0,15	14,22%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	4,34	4,68	7,84%	0,339	7,81%	3,67	3,92	7,81%	0,25	6,78%	0,6700	15,43%	0,76	16,23%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	15,19	16,37	27,40%	1,186	7,81%	12,84	13,71	27,30%	0,87	6,78%	2,3420	15,42%	2,66	16,23%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	8,77	13,30	22,26%	4,532	51,67%	4,30	6,76	13,46%	2,47	57,38%	4,4750	51,02%	6,54	49,18%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	2,12	2,28	3,82%	0,166	7,84%	1,50	1,60	3,18%	0,10	6,76%	0,6210	29,35%	0,69	30,06%
Gráfico 15 – Custo de back cerâmico (R\$/m)	5,50	6,05	10,12%	0,550	10,00%	5,50	6,05	12,04%	0,55	10,00%	0,0000	0,00%	0,00	0,00%
Gráfico 26 – Custo do tempo operacional de espera para resfriamento (R\$/m)	4,94	8,02	13,42%	3,081	62,41%	2,04	3,26	6,48%	0,49	24,17%	2,8930	58,60%	4,76	59,39%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	4,10	8,03	13,44%	3,928	95,76%	7,43	14,07	28,00%	6,64	89,33%	-3,3270	-81,11%	-6,04	-75,16%

Fonte: elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 1G, no estaleiro “A” apresenta em todos os seus indicadores que compõem os custos de soldagem, tanto no custo padrão corrente, assim como no custo real, valores superiores ao do estaleiro “B”. Foi observado durante os estudos que no estaleiro “B” apresentava melhores condições de ambientes de trabalho, assim como, nos métodos de trabalho. Verifica-se que no estaleiro “A”, o custo real do total do processo de soldagem é R\$/m 9,52 superior ao do estaleiro “B”, representando 15,93% a mais, no custo padrão a diferença é R\$/m 7,806 superior, representando 16,99% a mais. À análise da tabela acima se pode constatar que as realidades das reais diferenças da estabilidade básica dos processos entre os estaleiros estudados, ou seja, as condições de: mão de obra, máquina, medidas, métodos, e meio ambiente, além da forma de gestão, influenciam completamente nos resultados dos custos de seus processos de soldagem.

## 6.9 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 2F

Para efeito de comparação na tabela 45 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 2F nos estaleiros “A” e “B”.

Tabela 45 - Resultados dos experimentos realizados na posição 2F nos estaleiros “A” e “B”

Tabela comparativa dos custos da posição de soldagem 2F entre os estaleiros "A" e "B"														
Esaleiro:	"A"					"B"					Diferença ("A" - "B")			
Posição de soldagem:	2F					2F								
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	14,839	18,716	100%	3,877	26,13%	13,568	17,529	100%	3,961	29,19%	1,271	8,57%	1,187	6,34%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	3,070	3,193	17,1%	0,123	4,01%	2,858	2,941	16,8%	0,083	2,90%	0,212	6,91%	0,252	7,89%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	11,769	15,524	82,9%	3,755	31,91%	10,710	14,588	83,2%	3,878	36,21%	1,059	9,00%	0,936	6,03%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,396	0,417	2,2%	0,021	5,30%	0,390	0,408	2,3%	0,018	4,62%	0,006	1,52%	0,009	2,16%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	1,775	1,842	9,8%	0,067	3,77%	1,659	1,703	9,7%	0,044	2,65%	0,116	6,54%	0,139	7,55%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	0,899	0,933	5,0%	0,034	3,78%	0,809	0,803	4,6%	-0,006	-0,74%	0,090	10,01%	0,130	13,93%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	6,205	6,443	34,4%	0,238	3,84%	5,803	5,955	34,0%	0,152	2,62%	0,402	6,48%	0,488	7,57%
Gráfico 24 – Custo do empo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	2,998	4,781	25,5%	1,783	59,47%	2,775	4,578	26,1%	1,803	64,97%	0,223	7,44%	0,203	4,25%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	2,566	4,300	23,0%	1,734	67,58%	2,133	4,056	23,1%	1,923	90,15%	0,433	16,87%	0,244	5,67%

Fonte: Elaborada pelo Autor

Observa-se que na posição 2F, no estaleiro “A”, apresentam em todos os seus indicadores que compõem os custos de soldagem, para o custo padrão corrente e o custo real, valores superiores ao do estaleiro “B”. Foi observado durante os estudos que no estaleiro “A”, para este processo de soldagem, nessa posição, neste momento, apresentava melhores condições de ambientes de trabalho, assim como, nos métodos de trabalho. Verifica-se que no estaleiro “A”, que a diferença do custo real do total do processo de soldagem é R\$ 1,185 superior ao do estaleiro “B”, representando 6,33% a mais, no custo padrão a diferença é R\$ 1,271 superior, representando 8,57% a mais, com relação ao estaleiro “B”. À análise da tabela acima se pode constatar que as realidades das reais diferenças da estabilidade básica dos processos entre os estaleiros estudados, ou seja, as condições de: mão de obra, máquina, medidas, métodos, e meio ambiente, além da forma de gestão, influenciam completamente nos resultados dos custos de seus processos de soldagem.

## 6.10 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS NOS ESTALEIROS “A” e “B” NA POSIÇÃO 3F

Para efeito de comparação na tabela 46 estão apresentados os custos dos experimentos realizados nas posições 3F nos estaleiros “A” e “B”.

Tabela 46 - Resultados dos experimentos realizados na posição 3F nos estaleiros “A” e “B”

Tabela comparativa dos custos da posição de soldagem 3F entre os estaleiros "A" e "B"														
Esaleiro:	"A"					"B"					Diferença ("A" - "B")			
Posição de soldagem:	3F					3F								
Indicador:	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão	Real		Variação (R\$) (Real x Padrão)	Variação % (Real x Padrão)	Padrão		Real	
		Valor	Part %				Valor	Part %			Valor	%	Valor	%
Gráfico 05 – Custo total de soldagem (R\$/m)	16,754	19,759	100,00%	3,005	17,94%	14,414	18,783	100,00%	4,369	30,31%	2,340	13,97%	0,976	4,94%
Gráfico 01 – Custo total dos consumíveis (R\$/m)	3,583	4,153	21,02%	0,570	15,91%	2,943	3,675	19,57%	0,732	24,87%	0,640	17,86%	0,478	11,51%
Gráfico 03 – Custo total da mão de obra direta (R\$/m)	13,171	15,606	78,98%	2,435	18,49%	11,471	14,508	77,24%	3,037	26,48%	1,700	12,91%	1,098	7,04%
Gráfico 09 – Custo do arame tubular (R\$/m)	0,466	0,055	0,28%	-0,411	-88,18%	0,339	0,511	2,72%	0,172	50,74%	0,127	27,25%	-0,456	-827,40%
Gráfico 11 – Custo do gás (R\$/m)	2,133	2,465	12,48%	0,332	15,56%	1,809	2,249	11,97%	0,440	24,32%	0,324	15,19%	0,216	8,76%
Gráfico 13 – Custo de energia elétrica (R\$/m)	0,984	1,137	5,75%	0,153	15,55%	0,736	0,915	4,87%	0,179	24,32%	0,248	25,20%	0,222	19,53%
Gráfico 22 – Custo do tempo operacional de arco aberto (R\$/m)	7,468	8,618	43,62%	1,150	15,40%	6,325	7,865	41,87%	1,540	24,35%	1,143	15,31%	0,753	8,74%
Gráfico 24 – Custo do tempo operacional de limpeza de solda (R\$/m)	3,252	3,734	18,90%	0,482	14,82%	2,864	3,479	18,52%	0,615	21,47%	0,388	11,93%	0,255	6,83%
Gráfico 28 – Custo do tempo não produtivo (perda). (min/m)	2,461	3,254	16,47%	0,793	32,22%	2,282	3,165	16,85%	0,883	38,69%	0,179	7,27%	0,089	2,74%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Observa-se que na posição 3F, no estaleiro “A”, apresenta em todos os seus outros indicadores que compõem os custos de soldagem, para o custo real, valores superiores ao do estaleiro “B”. Foi observado durante os estudos que no estaleiro “B”, para este processo de soldagem, nessa posição, neste momento, apresentava melhores condições de ambientes de trabalho, assim como, nos métodos de trabalho. Verifica-se que no estaleiro “A”, que a diferença do custo real do total do processo de soldagem é R\$/m 0,976 superior ao do estaleiro “B”, representando 4,94% a mais, no custo padrão a diferença é R\$/m 2,340 superior, representando 3,97% a mais, com relação ao estaleiro “B”. À análise da tabela acima se pode constatar que as realidades das reais diferenças da estabilidade básica dos processos entre os estaleiros estudados, ou seja, as condições de: mão de obra, máquina, medidas, métodos, e meio ambiente, além da forma de gestão, influenciam completamente nos resultados dos custos de seus processos de soldagem.

## 7 CONCLUSÕES

Com base nos estudos quantitativos dos experimentos realizados é possível concluir que:

1. Embora as empresas estudadas possuam uma boa tecnologia de construção naval em seus processos de fabricação, com relação aos custos de processos de soldagem, observa-se que em ambos os estaleiros havia uma completa ausência de conhecimento sobre os custos de seus processos de soldagem;
2. Já no primeiro momento da realização dos experimentos nos processos investigados, para determinação do custo padrão corrente, nas oficinas de ambos os estaleiros, foi observado que os ambientes e as condições de trabalho em suas oficinas, possuíam condições ambientais e de métodos de trabalho, para a realização desses experimentos completamente diferentes. Observou-se que o estaleiro “B” oferecia condições mais favoráveis, conseqüentemente um custo padrão corrente, com valores inferiores ao do estaleiro “A”.
3. Observou-se a partir da determinação dos custos padrão corrente, os gestores passaram a perceber a partir desse momento que eles possuíam um referencial de custos para esses processos de soldagem. Custos esses que são exequíveis, já que foram realizados por um operador de soldagem qualificado para esses processos, selecionado e indicado pelos próprios gestores para a realização dos experimentos, podendo assim ser estabelecido como metas a serem perseguidas e atingidas nos seus respectivos chão de fábrica;
4. No segundo momento, na realização do acompanhamento do custo real para cada um dos experimentos realizados, em ambos os estaleiros, foi possível observar em cada estaleiro em particular, que o ambiente e das condições reais de trabalho no chão de fábrica eram completamente diferentes do ambiente e das condições de trabalho da oficina de treinamento onde os experimentos para a determinação do custo padrão corrente foram realizados, destacando aqui que os ambientes dessas oficinas já não ofereciam os métodos ergonômicos mais adequados para os soldadores, porém, bem melhor em relação aos ambientes de chão de fábrica. Essas enormes diferenças de ambientes e condições reais de trabalho, foram as principais responsáveis pelas altas variações desfavoráveis entre o custo real e o custo padrão corrente, determinados em ambos os estaleiros;
5. Quando comparados os custos padrão corrente e o custo real e nos estaleiros, percebe-se que há diferenças relevantes em todos os elementos da composição dos custos

dos processos de soldagem, pois, da mesma forma que há grandes diferenças entre os ambientes internos e das condições de trabalho na fabricação do mesmo estaleiro, essas diferenças são ainda maiores quando a comparação é feita entre estaleiros diferentes.

6. Pelas observações apresentadas nos itens anteriores, pode-se concluir que o custo estimado ideal, realizado com parâmetros feitos em laboratórios, e sobre tudo em países diferentes, pode até servir como uma bússola, quando não se tem nenhum parâmetro próprio para a determinação dos custos dos processos de soldagem, porém, quando consideradas as peculiaridades de seus próprios processos, perceberá que as diferenças serão enormes, pois as condições da estabilidade básica dos processos, conhecidas como os 6 M's ou seja: mão de obra; métodos, materiais, medidas, máquinas e meio ambiente, possuem variáveis completamente diferentes. Se estes mesmos custos, tanto o custo padrão corrente e o custo real fosse calculados através apenas das recomendações dos cálculos para a obtenção dos custos estimados, apresentados no subcapítulo 2.13 Custos no processo de soldagem, certamente seriam bem menores que os apresentados neste trabalho, implicando inclusive em maiores desembolsos da empresa para pagamentos de imposto de renda de pessoa jurídica, conforme a legislação brasileira.
7. Pode-se concluir que se determinar os custos dos processos de soldagem, usando apenas os parâmetros para a composição de custos estimados, apresentados nas literaturas clássicas sobre custos de soldagem, não é recomendado, pois não retratará as reais condições de ambientes e métodos de trabalho, seja de qual for o estaleiro, no Brasil ou qualquer outro lugar. Recomenda-se, sim, que cada estaleiro, através da aplicação das filosofias, conceitos técnicas e métodos da engenharia de métodos, determinem os seus próprios padrões de custos dos seus processos de soldagem, e os tomem como referências básicas, para serem perseguidos no chão de fábrica em seus processos reais de fabricação, já que foi constatado que esses padrões são exequíveis, e podem periodicamente ser melhorados.
8. Pode-se concluir que o programa computacional desenvolvido na linguagem *JAVA* atendeu perfeitamente ao propósito de se calcular detalhadamente os custos dos processos de soldagem realizados nos experimentos, em ambos os estaleiros, calculando de uma forma rápida e precisa e confiável, assegurando a qualidade da informação, e com um baixo custo.
9. Finalmente pode-se observar que os resultados obtidos através das observações diretas, no chão de fábrica, nos acompanhamentos dos processos de soldagem com *FCAW-G*, em metais *ASTM AH-36*, mais as informações analisadas nos documentos de

controles internos da empresa, onde os estudos de casos foram realizados, permitiram concluir que a metodologia aplicada para calcular o custo padrão corrente e o custo real dos custos dos processos de soldagem foi realizada de forma completamente simples, flexível, confiável, rápida, e de baixo custo. Simples, porque é de fácil aprendizagem e aplicação. Flexível, porque pode ser de fácil adaptação e reproduzida em qualquer processo de soldagem, em qualquer lugar e em qualquer segmento do setor metalomecânico. Confiável, porque a coleta de dados é baseada nos conceitos, técnicas e metodologias da engenharia de métodos. Rápida, porque é simples e prática, de baixo custo, porque não há necessidade de grandes investimentos em tecnologia e mão de obra.

- 10.** Pelo exposto observa-se que para se determinar os custos de soldagem, seja com *FCAW-G*, em metais *ASTM AH-36*, ou com outros metais e ou outros processos de soldagem, na indústria naval, ou em outro segmento da indústria metal mecânica, a metodologia de cronometrar os tempos operacionais e fazer a medição dos consumíveis através dos conhecimentos da engenharia de métodos, é uma forma simples, rápida e precisa.

## 8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos estudos quantitativos dos experimentos realizados nos estaleiros é possível concluir que:

- ✓ Realizar estudo qualitativo dos métodos e processos de soldagem para a determinação e avaliação dos custos dos processos de soldagem em outras espessuras e outras posições de soldagem, com *ASTM AH-36* soldadas pelo processo *FCAW-G*, na indústria naval;
- ✓ Realizar estudo qualitativo dos métodos e processos de soldagem para a determinação e avaliação dos custos dos processos de soldagem em diversas espessuras de chapas e diversas posições de soldagem, com outros processos de soldagem e em outros tipos de aços utilizados na indústria naval ou em outros segmentos do setor metal mecânico;
- ✓ Realizar um estudo comparativo entre o custo padrão estimado (custo ideal), o custo padrão corrente e o custo real dos processos de soldagem com *ASTM AH-36* soldadas pelos processos *FCAW-G*, na indústria naval;
- ✓ Realizar estudo sobre o impacto da implantação da determinação do custo padrão corrente e do custo real, na qualidade e produtividade na indústria naval;
- ✓ Realizar estudos sobre os riscos e a confiabilidade da determinação do custo padrão corrente e do custo real na qualidade, na indústria naval;

## REFERÊNCIAS

- AWS, *Welding Handbook*, “Flux Cored Arc Welding.” 8th ed., Miami-USA. American Welding Society, v.2, 1991.
- BEULKE, Rolando; BERTÓ, Dalvio José. **Gestão de Custos**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- CAMPOS NETO, A. Silva e POMPERMAVER, F. M. - **Ressurgimento da Indústria Naval no Brasil (2000-2013)** – Instituto de pesquisas econômicas aplicadas (IPEA)
- CAMARA, Fabio; Orientação a objetos com. NET, 2002.
- CATELLI, Armando. **Sistema de Contabilidade de Custos Estândar**. Tese de Doutorado apresentada à FEA/USP. São Paulo: p.27, 1972.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.
- CREPALDI, Silvio Aparecido. **Contabilidade Gerencial: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 1998.
- DEITEL e DEITEL; Java – **Como Programar**, Editora Saraiva. 8. ed. 2010
- DAS DORES, Priscila Branquinho das; LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. **A Retomada da Indústria Naval Brasileira**. BNDES. Biblioteca digital. 2012. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/962/4/A%20retomada%20da%20ind%C3%BAstria%20naval%20brasileira\\_final\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/962/4/A%20retomada%20da%20ind%C3%BAstria%20naval%20brasileira_final_P.pdf) – Acessado em: 12 de janeiro de 2018.
- DRUCKER, Peter Ferdinand. **O melhor de Peter Drucker: obra completa**. São Paulo: Nobel, 2002.
- DRUCKER, Peter Ferdinand. **Administrando para obter resultados**. São Paulo: Thomson Pioneira, 2002.
- ESAB 2004. Solda MIG / MAG. Disponível em:  
<[http://www.esab.com.br/br/pt/education/solucao\\_magazine/upload/revista\\_solucao\\_15.pdf](http://www.esab.com.br/br/pt/education/solucao_magazine/upload/revista_solucao_15.pdf)>  
Acesso em: 29 de agosto de 2017.
- ESAB 2014. Disponível em:  
<[http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo\\_soldagem\\_eletrodo\\_revestido\\_mma\\_smaw.cfm](http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_eletrodo_revestido_mma_smaw.cfm)>. Acesso em: 03 de outubro de 2017.
- ESAB 2005a. Disponível em:  
<[http://www.esab.com.br/br/pt/education/solucao\\_magazine/upload/revista\\_solucao\\_15.pdf](http://www.esab.com.br/br/pt/education/solucao_magazine/upload/revista_solucao_15.pdf)>  
Acesso em: 23 de agosto de 2017.
- FARIAS, J. P. et al. **Efeito da soldagem MIG/MAG em corrente alternada sobre a geometria da solda**. *Revista Soldagem & Inspeção*. Vol. 10, n. 4. out/dez 2005.
- Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem (FBS), 2012.

GARRINSON, Ray H & NOREEN Eric W. **Contabilidade Gerencial** – 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOHR, JR. R. **Projeto e realização de uma fonte de energia para soldagem multiprocesso. Projeto submetido à FUNCITEC**. Nov. 2004.

HABERLIN, M. M. **Program-controlled MIG Welding of austenitic steels. Developments in Mechanized Automated and Robotic Welding**; London; England; 18-20 pp. 1980.

HORNGREN, Charles T. e FOSTER, George. & DATAR, S.M. **Cost Accounting a Managerial Emphasis. 9<sup>th</sup> edition**. NJ, USA: Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, 2000.

HORSTMANN, Cay S., CORNELL, Gary; **Core Java 2 – Fundamentals**, 5. ed, 2003. Sun Press .

IUDICIBUS, Sérgio de; MARION, Carlos Marion. **Curso de Contabilidade para não contadores**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

IPEA. Disponível em:

<[http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro\\_ressurg\\_da\\_ind Naval.pdf](http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_ressurg_da_ind Naval.pdf)>  
Acesso em: 23 de setembro de 2017.

JAVA ESSENTIAL FOR C and C++ *PROGRAMMERS*, Addison Wesley, 1996

JAVA 7 e JAVA 8. Gilliard Cordeiro; *Java Magazine* 1984. Osvaldo Pinall Doederlein. Java.Next: O futuro do Java;

JOHNSON, H. Thomas e KAPLAN, Robert S. **A Relevância da Contabilidade de Custos**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

KARPLAN, Robert. S. et al. **Contabilidade Gerencial**. São Paulo: Atlas, 2000.

KIM, Y.S.; EAGAR, T.W., **Metal Transfer in Pulsed Current Gas Metal Arc Welding**. *Welding Journal*, v. 72, n. 7, p. 279 – 287, 1993.

LA VILLE C.e DIONNE J. **A construção do saber – manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte, Editora UFMG, 1999, 340p.

LEONE, George Sebastião Guerra. **Curso de Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas, 1997.

MARQUES, P. V; MODENESI, P. J; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2011.

MARQUESINI, A. G.; TOLEDO, J. C. S.; PRUDENCIATO, W.; CAVENAGHI, V. Estudo para utilização do método de custo padrão combinado com o sistema de custeio variável no gerenciamento de custos. 2006. 7 f. Artigo científico – Universidade Estadual de São Paulo, 2006.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MODENESI, P.J., Marques, P.V., Santos, D.B. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Tese de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte, 2012.

MONZO, M. e PAGNANI, E. M. **Custo Padrão e sua Relação com a Gestão Estratégica de Custos**. São Paulo: UNIFECAP- Centro Universitário Álvares Penteado. 2003: 170 p.

MOORE, K.L., Naidu D.S., Ozcelik, S. Modeling, sensing and control of gas metal arc welding. Elsevier, 2003.

NAKAGAWA, Masayuki. **Gestão Estratégica de Custos – Conceitos, Sistemas e Implementação**. São Paulo: Atlas, 1991.

CAMPOS NETO, Carlos Alvares da Silva Campos e POMPERMAYER Fabiano Mezadre - **Ressurgimento da Indústria Naval no Brasil (2000-2013)** – Instituto de pesquisas econômicas aplicadas (IPEA)

NAKAGAWA, Masayuki. **Gestão Estratégica de Custos – Conceitos, Sistemas e Implementação**. São Paulo: Atlas, 1991.

OLIVEIRA Eric. **JCP Assim caminha o Java; JVM - Multiliguagem;**

OKOMURA, Toshie e TANIGUCHI, Célio - **Engenharia de Soldagem e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC - livros Técnicos e Científicos Editora S.A.; Tóquio: The association for International Technical Promotion, 1982.

PEREZ, José Hernandez Jr., OLIVEIRA, Luís Martins, COSTA, Rogério Guedes. **Gestão Estratégica de Custos**. São Paulo: Atlas, 1999.

PICCIOLO, Francesco Antonio. Publicado em:

<<http://osum.sun.com/profiles/blogs/java-vantagens-e-desvantagens>> Acessado em 12/10/2017.

PORTER, Michael E. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

QUITES, Almir M.; DUTRA, Jair C. **Tecnologia da Soldagem em Arco Voltaico**. Florianópolis: EDEME, 1979, 248 P.

SHANK, John K. & GIVINDARAJAN, Vijay. **Gestão Estratégica de Custos: uma nova ferramenta para a vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1995

SILVA,R.H.G. et.al. **Desenvolvimento do processo MIG/MAG com curto-circuito controlado para a soldagem de reparo e união de dutos**. In Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás 2003. Rio de Janeiro. Anais. 2003.

TAYLOR, F.W. **Princípios de administração científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

VARD PROMAR. Disponível em: <<http://www.portalnaval.com.br/estaleiros/estaleiros-brasil-regiao-estaleiro/vard-promar-pernambuco/>> Acessado em 12/10/2017.

WAINER, E; BRANDI, S. e MELLO, F. D.H; **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2011.

*WELDING, BRAZING, AND SOLDERING* WAS PUBLISHED IN 1993 AS VOLUME 6 OF THE ASM HANDBOOK.

## ANEXOS

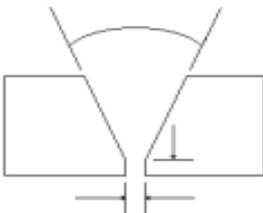
## ANEXO A – EEXEMPLO DE UMA EXPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM. NORMA: ASME IX – QW482



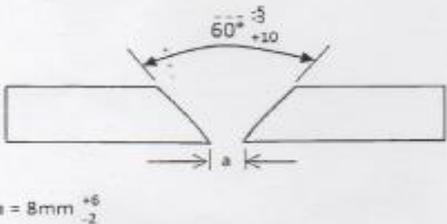
Documentos técnicos

ANEXO I										
ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (Com base na Norma ASME Seção IX - QW482)										
EMPRESA: _____					Aprovado por: _____					
Especificação de Procedimento de Soldagem N° _____					Data _____ RQPS N° _____					
Processo(s) de Soldagem _____					Tipo _____ <small>(Automático, Manual, Máquina ou Semi-Automático)</small>					
<b>JUNTAS (QW- 402)</b>					<b>DETALHES</b>					
<b>DETALHE DA JUNTA</b>										
Projeto da Junta: _____										
Backing : Sim Não										
Material do Backing: Metal Metal não fusível										
Não metálico Outros _____										
- Croquis, desenhos de produção, símbolos de solda ou descrição escrita devem mostrar o arranjo geral das partes a serem soldadas. Onde for aplicável, a abertura da raiz e os detalhes do chanfro podem ser especificados. (Como opção do fabricante, os croquis podem ser anexados para ilustrar os projetos de juntas, camadas de solda e seqüência de cordões, por exemplo, para procedimentos de tenacidade ao impacto, para procedimentos de processos múltiplos, etc.)										
<b>METAIS DE BASE (QW- 403)</b>					<b>POSIÇÕES (QW 405)</b>					
P-N° _____ Group N° _____ com P-N° _____ Group N° _____					Posição(s) do Chanfro: _____					
OU					Progressão de Soldagem: Ascendente e/ou Descendente					
Tipo de Especific. e Grau _____ com Tipo de Especific. e Grau _____					Posição(s) do Filete: _____					
OU										
Anál. Quím. e Prop. Mec. _____ com Anál. Quím. e Prop. Mec. _____					<b>PREAQUECIMENTO (QW-406)</b>					
Espessura Qualificada: _____					Temperatura de Preaquecimento (Mín.): _____					
Metal de Base: Chanfro _____ Filete _____					Temperatura de Interpasse (Máx.): _____					
Diâmetro Qualificado: Chanfro _____ Filete _____					Manutenção do Preaquecimento: _____					
Outro: _____					(Aquecimento contínuo ou especial deve ser registrado)					
<b>METAIS DE ADIÇÃO (QW-404)</b>					<b>TRATAMENTO TÉRMICO APÓS SOLDAGEM (QW-407)</b>					
Especificação (SFA): _____ F N° _____ A N° _____					Temperatura de Patamar: _____					
Dimensão (mm): _____					Tempo de Patamar: _____					
Espessura Qualificada: _____					Velocidade de Aquecimento (°C): _____					
Metal de Solda: Chanfro: _____ Filete: _____					Velocidade de Resfriamento (°C): _____					
Combinação Eletrodo-Fluxo (Classificação): _____					Temperatura de tratamento Inicial (°C): _____					
Marca Comercial do Fluxo: _____					Final (°C): _____					
Inserte Consumível: _____										
Outro: _____										
<b>GAS (QW-408)</b>					<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW-409)</b>					
Percentual de Composição										
Gás (es) Mistura(s) Fluxo (L/min)										
Proteção _____					Corrente: AC ou DC: _____ Polaridade: _____					
Adicional _____					Intens. de Corrente(faixa) : _____					
Purga _____					Tensão (faixa): _____					
<b>TECNICA (QW 410)</b>					(Intensidade de Corrente e Tensão deve ser registrado por cada dimensão de eletrodo, posição, espessura, etc. Esta informação deve ser listada numa forma tabular similar ao mostrado abaixo)					
Cordão Retilíneo ou Oscilante: _____					Dimensão e Tipo de eletrodo de Tungstênio: _____					
Orifício ou dimensão do bico de cerâmica: _____					(Tungstênio puro, 2% toriado, etc.)					
Limpeza inicial e interpasse (escovamento, esmerilhamento, etc.): _____					Modo de Transferência Metálica para GMAW: _____					
Método de Goivagem: _____					(Spray, Curto-Circuito, etc.)					
Oscilação: _____					Faixa de Velocidade de Alimentação do Arame(cm/min): _____					
Distância entre o Tubo de Contato e a Peça (mm): _____										
Passe único ou Multipasses: _____										
Eletrodos Simples ou Múltiplos: _____										
Velocidade de Soldagem: _____										
Martelamento: _____										
Outro: _____										
Passo	Camada	Processo	Metal de Adição			Corrente	Amper.	Tensão	Veloc. de Sold.	Outros(Observações,
			Especific.	Classific	Ø(mm)	/ Polarid.	(I)	(V)	(cm/min)	Técnica, etc.)

## ANEXO B – EXEMPLO DE UM REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM. NORMA ASME SEÇÃO IX – QW 483

 																				
Documentos técnicos																				
<b>ANEXO 3</b> <b>REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM</b> (Com base na Norma ASME Seção IX – QW 483) <span style="float: right;">pg 1/2</span>																				
EMPRESA: _____ Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem Nº _____ Data _____ Processo(s) de Soldagem _____ Tipo _____ <small>(Automático, Manual, Máquina ou Semi-Automático)</small>																				
<b>JUNTAS (QW- 402)</b> <div style="text-align: center;">  </div>																				
<b>METAIS DE BASE (QW- 403)</b> Especificação Tipo e Grau: _____ P-Nº _____ Group Nº _____ com P-Nº _____ Group Nº _____ Espessura da Chapa de Teste (mm): _____ Diâmetro da Peça de Teste (mm): _____ Outro: _____	<b>POSIÇÕES (QW 405)</b> Posição(s) do Chanfro: _____ Progressão de Soldagem: Ascendente e/ou Descendente																			
<b>METAIS DE ADIÇÃO (QW-404)</b> Especificação (SFA): _____ F Nº _____ A Nº _____ Classificação (AWS): _____ Dimensão (mm): _____ Espessura do metal depositado (mm): _____ Marca Comercial: _____ Outro: _____	<b>PRÉAQUECIMENTO (QW-406)</b> Temperatura de Preaquecimento (Mín.): _____ Temperatura de Interpasse (Máx.): _____ Outro: _____																			
<b>METAIS DE ADIÇÃO (QW-404)</b> Especificação (SFA): _____ F Nº _____ A Nº _____ Classificação (AWS): _____ Dimensão (mm): _____ Espessura do metal depositado (mm): _____ Marca Comercial: _____ Outro: _____	<b>TRATAMENTO TERMICO APÓS SOLDAGEM (QW-407)</b> Temperatura de Patamar: _____ Tempo de Patamar: _____ Velocidade de Aquecimento (°C): _____ Velocidade de Resfriamento (°C): _____ Temperatura de tratamento Inicial (°C): _____ Final (°C): _____ Outro: _____																			
<b>METAIS DE ADIÇÃO (QW-404)</b> Especificação (SFA): _____ F Nº _____ A Nº _____ Classificação (AWS): _____ Dimensão (mm): _____ Espessura do metal depositado (mm): _____ Marca Comercial: _____ Outro: _____	<b>TRATAMENTO TERMICO APÓS SOLDAGEM (QW-407)</b> Temperatura de Patamar: _____ Tempo de Patamar: _____ Velocidade de Aquecimento (°C): _____ Velocidade de Resfriamento (°C): _____ Temperatura de tratamento Inicial (°C): _____ Final (°C): _____ Outro: _____																			
<b>GAS (QW-408)</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Percentual de Composição</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Gás (es)</th> <th style="text-align: center;">Mistura(s)</th> <th style="text-align: center;">Fluxo (L/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteção</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Adicional</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Purga</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>		Percentual de Composição			Gás (es)	Mistura(s)	Fluxo (L/min)	Proteção	_____	_____	_____	Adicional	_____	_____	_____	Purga	_____	_____	_____	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW-409)</b> Corrente: AC ou DC: _____ Polaridade: _____ Intens. de Corrente(faixa) : _____ Tensão (faixa): _____ Dimensão e Tipo de eletrodo de Tungstênio: _____ (Tungstênio puro, 2% toriado, etc.) Modo de Transferência Metálica para GMAW: _____ (Spray, Curto-Circuito, etc.) Faixa de Velocid. de Alimentação do Arame(cm/min): _____ Outro: _____
		Percentual de Composição																		
	Gás (es)	Mistura(s)	Fluxo (L/min)																	
Proteção	_____	_____	_____																	
Adicional	_____	_____	_____																	
Purga	_____	_____	_____																	
<b>TECNICA (QW-410)</b> Cordão Retilíneo ou Oscilante: _____ Orifício ou dimensão do bico de cerâmica: _____ Limpeza inicial e interpasse (escovamento, esmerilhamento, etc.): _____ Método de Goivagem: _____ Oscilação: _____ Distância entre o Tubo de Contato e a Peça (mm): _____ Passe único ou Múltiplos: _____ Eletrodos Simples ou Múltiplos: _____ Velocidade de Soldagem: _____ Martelamento: _____ Outro: _____																				

**ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “A”**

Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) Welding Procedure Specification - (WPS)								
Empresa: [Redacted]		Projeto: N/A						
EPS Nº: 35.DNV-EPS-027		Data: 19/02/2016						
RQPS de suporte: 35.DNV-RQPS-027		Rev.: 0						
Normas de referência: DNV Rules Pt.2 Ch.3 - Welding procedures		Processo de soldagem / tipo: 136(FCAW) - Flux Cored Arc Welding						
<b>1. Junta / Joint</b> 								
<b>2. Metal de base / Base metal</b> Tipo: E36xE36 / E36xO36 / E36xA36 / D36xO36 / D36xA36 / A36xA36 Espessura (mm): 12 à 50 mm								
<b>3. Metal de adição / Filler Metal</b> Especificação: AWS AS.20-05; E71T-1C/M/09C/09M Classificação: AWS AS.20-05 / DNV IIIY Diâmetro (mm): 1,2      Tipo: Arame Tubular Nome comercial: DUALSHIELD 7100 LH								
<b>4. Proteção / Shielding</b> Composição: 99,99%CO <sub>2</sub>								
<b>5. Posição de soldagem / Position</b> Posição: 3G (PF) / 3F(PF) Progressão: ASCENDENTE (UPWARD)								
<b>6. Temperatura pré-aquecimento, interpasso e pós aquecimento / Preheat, interpass and postweld heat temperature</b> Pré-aquecimento (°C): >15°C Interpasso (°C):								
<b>7. Técnicas de soldagem / Welding Technique</b> Condição reto ou traçado: Stringer      Passes simples ou múltiplos: Multi-pass or angle pass      Múltiplo / Multi-pass Limpeza inicial e interpasso: Esmerilhamento / Grinding Distância do bico de contato à peça (mm): 15 - 25								
<b>8. Características elétricas e parâmetros de soldagem / Electrical characteristics and welding procedure</b> Corrente e polaridade: CC+ (DC+)      Modo de transferência GMAW: GMAW mangler mode Tipo e diâmetro eletrodo de tungstênio: N/A								
Camada / Layer	Processo / Process	Classificação / Classification	Diâmetro / Diameter	Polaridade / Polarity	Corrente (A) / Current	Tensão (V) / Voltage	Veloc. soldagem (cm/min) / Welding speed	Aquecimento (kJ/cm) / Heat input
Raiz (root)	136 (FCAW)	AWS AS.20-05 E71T-1C/M	1,2	CC+ (DC+)	162 - 198	25 - 28	16,2 - 19,8	1,05 - 1,52
Enchimento (Filling)					178 - 221	23 - 28,5	22,9 - 28,0	1,13 - 1,42
Acabamento (Cap)					185 - 231	24 - 30	22,9 - 28	1,13 - 1,48
Certificamos que as declarações contidas neste registro estão corretas e que os corpos de prova foram preparados, soldados e ensaiados conforme os requisitos da norma DNV Rules Pt.2 Ch.3 - Welding procedures We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of DNV Rules Pt.2 Ch.3 -								
Inspeção de Qualidade		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]
Data: 5/2/2016	Data: 19/02/16	[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]
						34.ENG-13-A-1859		

**ANEXO C1 – ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “A”.**

Camada / Layer		Processo / Process	Classificação / Classification	Ø (mm)	Polaridade / Polarity	Corrente (A) / Current	Tensão (V) / Voltage	Veloc. soldagem (cm/min) / Welding speed	Agente térmico (kJ/mm) / Heat input
Raiz (Root)		136 (FCAW)	AWS A5.20-05 E71T-1 C/M	1,2	CC+ (DC+)	144 - 176	22,5 - 27,5	13 - 15,8	1,5 - 1,8
Enchimento (Filling)						173 - 253	21,6 - 29	14,4 - 44	1,0 - 1,5
Acabamento (Cap)						171 - 253	21,6 - 28,6	16,2 - 21	1,4 - 2,0

**1. Junta / Joint**

**2. Metal de base / Base metal**  
 Tipo: E36XE36; E36XD36; E36XA36; D36XD36; D36XA36; A36XA36  
 Espessura (mm): 12,5 - 50 (CP 25)

**3. Metal de adição / Filler Metal**  
 Especificação: AWS A5.20-05 / E71T-1 C/M  
 Classificação: AWS A5.20-05 / DNV IVY  
 Diâmetro (mm): 1,2  
 Tipo: Arame Tubular / Cored Wire  
 Nome comercial: Dual Shield 7100 LH

**4. Proteção / Shielding**  
 Composição: 100% CO2  
 Vazão (l/min): 15 - 25  
 Fluxo: N/A

**5. Posição de soldagem / Position**  
 Posição: 1F; 2F; 4F; 1G; 2G; 4G  
 Progressão: N/A

**6. Temperatura pré-aquecimento, interpasse e pós aquecimento / Preheat, interpass and postweld heat temperature**  
 Pré-aquecimento (°C): Pre heat ≥ 15  
 Interpasse (°C): Interpass ≤ 250  
 Pós aquecimento (°C): Postweld heat N/A

**7. Técnicas de soldagem / Welding Technique**  
 Cordão reto ou trançado: Stringer or weave bead: Reto / Stringer  
 Limpeza inicial e interpasse: Esmerilhamento / Grinding  
 Distância do bico de contato à peça (mm): Stickout: 10 - 20

**8. Características elétricas e parâmetros de soldagem / Electrical characteristics and welding procedure**  
 Corrente e polaridade: CC+ (DC+) / Modo de transferência GMAW: GMAW transfer mode  
 Tipo e diâmetro eletrodo de tungstênio: N/A

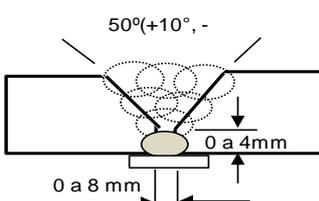
**9. Certificação**  
 Certificamos que as declarações contidas neste registro estão corretas e que os corpos de prova foram preparados, soldados e ensaiados conforme os requisitos da norma DNV Rules Pt.2 Ch.3 - Welding procedures.  
 We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of DNV Rules Pt.2 Ch.3 - Welding procedures.

**10. Assinaturas e Datas**  
 Inspetor de Qualidade: [Redacted] / Controlador de Qualidade: [Redacted]  
 Data: 29/02/16 / Data: 29/02/16  
 Sociedade classificadora: [Redacted] / DNV-GL  
 Revisão: 28/03/16

## ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO "B"

EPS		Nº: XXX														
<b>Especificação de Procedimento de Soldagem</b>		Folha: 1/2 Revisão: 0 Data: 29/06/2017														
Empresa: _____																
Processo(s) de Soldagem: <b>MCAW (Tandem twin)</b>		Tipo: <b>AUTOMÁTICO</b> <small>(Manual, Automático, Semi-automático e Mecanizado)</small>														
Suportado pelo(s) RQP(s) Nº(s): <b>AS-XXX</b>		Data: _____														
Norma(s): <b>AWS D1.1</b>																
<b>JUNTAS</b>																
FAIXA DE APROVAÇÃO																
SOLDAS EM CHANFRO COM PENETRAÇÃO TOTAL OU PARCIAL																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">SOLDAGEM POR UM LADO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SOLDAGEM PELOS DOIS LADOS</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">SOLDA DE FILETE EM CHAPAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">COM COBRE JUNTA</td> <td style="text-align: center;">SEM COBRE JUNTA</td> <td style="text-align: center;">COM GOIVAGEM</td> <td style="text-align: center;">SEM GOIVAGEM</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(-)</td> <td style="text-align: center;">(-)</td> <td style="text-align: center;">(-)</td> <td style="text-align: center;">(-)</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>			SOLDAGEM POR UM LADO		SOLDAGEM PELOS DOIS LADOS		SOLDA DE FILETE EM CHAPAS	COM COBRE JUNTA	SEM COBRE JUNTA	COM GOIVAGEM	SEM GOIVAGEM	(-)	(-)	(-)	(-)	X
SOLDAGEM POR UM LADO			SOLDAGEM PELOS DOIS LADOS		SOLDA DE FILETE EM CHAPAS											
COM COBRE JUNTA	SEM COBRE JUNTA		COM GOIVAGEM	SEM GOIVAGEM												
(-)	(-)	(-)	(-)	X												
POSIÇÕES DE SOLDAGEM: Horizontal																
Pode ser utilizado tinta a base de zinco																
		O local de soldagem deve ser organizado e abrigado do vento e de chuva.  A junta a ser soldada deve estar isenta de óleo, sujeira, oxidação e materiais contaminantes.														
<b>METAIS DE BASE</b>																
P Nº.: <u>NA</u> Gr Nº.: <u>II</u>		COM P Nº.: <u>NA</u> Gr Nº.: <u>II</u> OU														
Especificação Tipo e Grau: _____		<b>ABS Gr.DH36</b>														
Com Especificação Tipo e Grau: _____		<b>ABS Gr.DH36</b>														
Análise Química: _____		<b>NA</b>														
Com Análise Química: _____		<b>NA</b>														
Faixa de espessura Metal de Base: _____		<b>0</b>														
Chanfro: _____		<b>≥ 3,0 mm</b>														
Faixa de diâmetro Qualificada: _____		<b>&gt; 600mm</b>														
Outros: _____		<b>NA</b>														
<b>METAL DE ADIÇÃO</b>		<b>FCAW</b>														
Especificação No: _____		<b>AWS A5.18</b>														
Classificação AWS No: _____		<b>E70C-6M</b>														
F - No: _____		<b>3Y</b>														
A - No: _____		<b>NA</b>														
Diâmetro da vareta/eletrodo: _____		<b>≤ 1,2 mm</b>														
Tipo de consumível: _____		<b>Arame</b>														
Faixa de espessura: _____		<b>NA</b>														
Chanfro: _____		<b>Qualquer</b>														
Ângulo: _____		<b>Qualquer</b>														
Marca Comercial: _____		<b>Qualquer Homologado pelo ABS</b>														
Fabricante: _____		<b>Qualquer Homologado pelo ABS</b>														
Anel Consumível: _____		<b>NA</b>														
Tipo de Fluxo: _____		<b>NA</b>														
Outros: _____		<b>NA</b>														
Elaborado por / Prepared by		Aprovado por / Approved by														
_____		_____														
DATA: _____		DATA: _____														
_____		Sociedade Classificadora / classif Society														
_____		_____														
DATA: _____		DATA: _____														

## ANEXO D1 - ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM (EPS) DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM INVESTIGADOS NOS ESTUDOS DE CASOS DO ESTALEIRO “B”

<b>EPS / WPS</b>		Nº: <b>AS-XX2</b>					
<b>Especificação de Procedimento de Soldagem</b> <i>Welding procedure Specification</i>		Folha / Sheet: 1/3 Revisão / Revision: 0 Data / Date: 20/05/2013					
Empresa / Company: _____							
Processo(s) de Soldagem: _____	SMAW	Tipo / _____ Manual / Manual					
Welding Process (es): _____		Type (Manual, Automatic, Semiautomatic and Machine)					
Soportado pelo(s) RQP(s) Nº(s): _____	AS-XX2	Data/ Date: _____ 20/05/2013					
Norma(s) / Standard: _____ ABS Material and Welding Part 2 ED-2012							
<b>JUNTAS / JOINT DESIGN USED</b>							
FAIXA DE APROVAÇÃO / APPROVAL RANGE							
SOLDAS EM CHANFRO COM PENETRAÇÃO TOTAL OU PARCIAL / GROOVE JOINT WITH TOTAL OR PARTIAL PENETRATION							
SOLDAGEM POR UM LADO SINGLE WELD	SOLDAGEM PELOS DOIS LADOS / DOUBLE WELD						
COM COBRE JUNTA / With Backing	SEM COBRE JUNTA / Without Backing						
COM GOIVAGEM / with gouging	SEM GOIVAGEM / Without gouging						
X	(-)	X	(-)	X			
<b>POSIÇÕES DE SOLDAGEM: Horizontal e PLANA</b> <b>WELDING POSITION:</b>		Terâncias para desalinhamento; 3,0mm ou 10% da espessura o que for menor. O local de solda deve ser organizado e abrigado do vento e da chuva. A junta á ser soldada deverá estar isenta de óleo, sujeira, oxidação e materiais contaminante. Cuidados especiais com o manuseio dos consumíveis, para evitar contaminações.					
<b>METAIS DE BASE / BASE METAL</b>							
P N <sup>o</sup> : _____	NA	Gr N <sup>o</sup> : _____	NA	COM P N <sup>o</sup> : _____	NA	Gr N <sup>o</sup> : _____	NA
Especificação Tipo e Grau: _____		ABS		Specification and grade: _____		ABS	
Com Especificação Tipo e Grau: _____		Gr. EH 32		With Specification type and grade: _____		Gr. EH 32	
Faixa de espessura	Chanfro / Groove: _____	3 a 32 mm		Metal de Base / Base metal approval range: _____		Qualquer	
Faixa de diâmetro Qualificada / Qualified diameter range: _____		≥ 600 mm		Outros / Others: _____		NA	
<b>METAL DE ADIÇÃO / FILLER METAL:</b>		<b>SMAW</b>					
Especificação AWS No / Specification AWS Number: _____		AWS A5.1					
Classificação AWS No / Specification AWS Number: _____		E7018-1					
F - N <sup>o</sup> / F-IN _____		NA					
A - N <sup>o</sup> / A-IN _____		NA					
Diâmetro da vareta/eletrodo/ Diameter of wire: _____		2,5 e 4,0 mm					
Tipo de consumível / Type of consumable: _____		Eletrodo					
Faixa de espessura: _____	Chanfro / Groove: _____	3 a 32mm máx.					
Trickness range: _____	Ângulo / Angle: _____	Qualquer					
Marca Comercial / Commercial brand: _____		Qualquer Homologado ABS					
Fabricante / Manufacturer: _____		Qualquer Homologado ABS					
Tipo de Fluxo / Type of flux: _____		NA					
Outros / Others _____		NA					
Elaborado por / Prepared by _____		Aprovado por / Approved by _____		Sociedade Classificadora / classif Society _____			
DATA / Date: _____		DATA / Date _____		DATA / Date _____			