

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**USUÁRIOS E PROJETISTAS:
PRÁTICA, EXPERIÊNCIA E PERCEPÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Saulo Costa Val de Godoi

Belo Horizonte, MG, Brasil

2015

Saulo Costa Val de Godoi

**USUÁRIOS E PROJETISTAS:
PRÁTICA, EXPERIÊNCIA E PERCEPÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

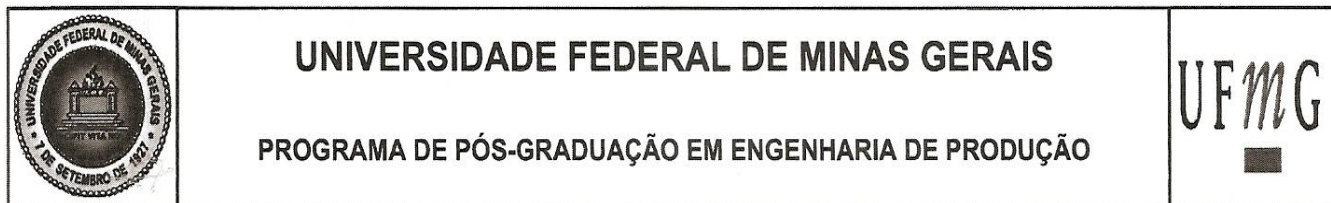
Área de concentração: Projeto e produção

Linha de Pesquisa: Estudos Sociais da Tecnologia e Expertise (ESTE)

Orientador: Rodrigo Ribeiro – Departamento de Engenharia de Produção/UFMG

Belo Horizonte

Junho de 2015



FOLHA DE APROVAÇÃO

Usuários e Projetistas: Prática, Experiência e Percepção

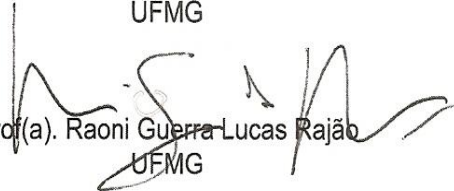
SAULO COSTA VAL DE GODOI

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, área de concentração PESQUISA OPERACIONAL E ENGENHARIA DE MANUFATURA, linha de pesquisa Estudos Sociais

Aprovada em 30 de junho de 2015, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Rodrigo Magalhaes Ribeiro - Orientador
UFMG


Prof(a). Ana Carolina Vimieiro Gomes
UFMG


Prof(a). Raoni Guerra-Lucas Rajão
UFMG

Belo Horizonte, 30 de junho de 2015.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, primeiramente, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, por acreditar nesse trabalho.

Agradecimentos também ao professor Rodrigo Magalhães Ribeiro, pela oportunidade em trabalhar em seu projeto de pesquisa e também por seu papel como orientador, pela leitura cuidadosa e pelas críticas bem fundamentadas.

Agradeço aos professores que contribuíram imensamente com este trabalho, dos quais poderei citar somente poucos: prof. Francisco de Paula Lima; profa. Ana Carolina Vimieiro, prof. Raoni Rajão e prof. Yuriy Castelfranchi. Agradeço pela paciência, pelo tempo disposto, pelas sugestões, pelas lições, pela generosidade.

Agradeço as empresas e aos seus funcionários que abriram suas portas e disponibilizaram tempo para entrevistas e coleta de dados. Não poderei nomeá-los aqui, também para respeitar o sigilo mas, a todos eles, meus sinceros agradecimentos. Sem a contribuição e o tempo de todos, o trabalho não teria sido possível.

Agradeço aos amigos Deborah Gomes, Hugo Morello e Carolina Oliveira pela amizade, pelo companheirismo e pelo apoio.

Agradeço aos meus pais, Graça e Roberlane, por todo o suporte.

Agradeço, especialmente, à Rayssa Guedes por tantos motivos que não caberiam nessas mais de 160 páginas.

Por fim, este trabalho só foi possível dado o apoio contínuo e imprescindível da empresa onde foi realizado e da Direção e Gestores da planta industrial, assim como da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais - FAPEMIG (processo: TEC-RDP-00045-10). A essas instituições e pessoas os meus mais sinceros agradecimentos.

USUÁRIOS E PROJETISTAS: PRÁTICA, EXPERIÊNCIA E PERCEPÇÃO

Resumo: A presente pesquisa pretende analisar a ligação entre projeto e produção através da interação entre duas práticas: a prática operacional e a prática projetual. Por “prática operacional”, nos referimos à habilidade de operar, supervisionar e manter sistemas tecnológicos. Por “prática projetual”, nos referimos à habilidade de projetar tais sistemas. Ambas são distintas e importantes para o processo produtivo, embora possuam status e visibilidade muito diferentes. A prática projetual tende a ser reconhecida e valorizada; a prática operacional tende a ser invisível e preterida em relação à primeira. O encontro entre ambas ocorre no dia a dia da produção em plantas industriais, no momento em que os usuários – operadores – precisam lidar com artefatos tecnológicos que são projetados pelos projetistas para eles operarem. Quando o inesperado acontece e máquinas e tecnologias não funcionam como previsto, um conflito entre os representantes de ambas as práticas pode ocorrer. O conflito pode ainda ser intensificado se o processo de criação desses artefatos tiver ocorrido de forma “descendente” (DUARTE, 2000), ou seja: sem uma integração entre usuários e projetistas, havendo apenas um monopólio dos projetistas na tomada de decisões (GARRIGOU, 1995). O caso que analisamos traz justamente esse contraste: inicialmente, uma tecnologia industrial, construída de forma descendente, apresenta uma falha em seu funcionamento que provoca a necessidade de reprojeta-la. A falha produz, forçadamente, uma mudança de concepção que dá visibilidade à prática operacional. Em função disso, uma nova estratégia é adotada para o reprojeto: integrar usuários e projetistas e propiciar discussões e negociações sobre os aspectos técnicos da nova tecnologia, em um processo denominado de “design participativo” (GARRIGOU, 1995; DANIELLOU, 2005; LIMA, 2014). Este trabalho pretende narrar esse estudo de caso e analisar suas implicações: como foi possível, no caso estudado, unir atores – operadores e projetistas – com perspectivas e percepções diferentes e projetar uma tecnologia que incluísse as colaborações de ambos? Como um acidente industrial pôde gerar uma mudança cultural dentro de uma empresa? Que estruturas sociais perpassam a questão da relação entre a prática operacional e projetual? Como atuar em um cenário no qual representantes de diferentes práticas divergem tecnicamente? Em suma, este trabalho pretende analisar a interação entre operadores e projetistas através do contraste entre dois métodos distintos de projetar: o descendente e o participativo.

Palavras chave: Prática; Design Participativo; Ergonomia Francesa; Determinismo tecnológico

USERS AND DESIGNERS: PRACTICE, EXPERIENCE AND PERCEPTION

Abstract: This research aims to examine the link between design and production through the interaction between two practices: the operational and design practices. By "operational practice", we refer to the ability to operate, supervise and maintain technological systems. By "design practice", we refer to the ability to design such systems. Both are distinct and important for the production process, although they have very different status and visibility. The design practice tends to be recognized and valued; operational practice tends to be invisible and deprecated when confronted with the design practice. The meeting between the two occurs on the day by day of production in industrial plants, when users - operators - must deal with technological artifacts that are developed by designers for them to operate. When the unexpected happens and machines and technologies do not work as expected, a conflict between the representatives of both practices can occur. The conflict can even be enhanced if the process of creating these artifacts occurred in a "downward" (DUARTE, 2000) way, meaning that there was no integration between users and designers: only a monopoly of designers during the decision-making process (GARRIGOU, 1995). The case we analyzed brings this contrast: first, an industrial technology, built by the "downward" way, presents a malfunction that brings the need to be redesigned. The failure produces, forcibly, a cultural change that gives visibility to operational practice. As a result, a new strategy is adopted for the redesign: to integrate users and designers and encourage discussions and negotiations on the technical aspects of the new technology, in a process called "participatory design" (GARRIGOU, 1995; DANIELLOU, 2005; LIMA, 2014). This research intends to narrate this case study and analyze its implications: how was it possible, in the case studied, to unite actors - operators and designers - with different perspectives and perceptions and design a technology that included collaborations from both? How could an industrial accident generate a cultural change within a company? Which social structures underlie the relationship between operational and design practices? How to deal with a scenario in which representatives of different practices differ technically? In short, this paper aims to analyze the interaction between operators and designers through the contrast between two different methods of design: the downward and participatory.

Key words: Practice; Participatory Design; French ergonomics; Technological determinism

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTS	Calcine Transfer System/Sistema de transferência de calcinado
ATU	Abordagem do Time Único
MW/h	Megawatts por hora

Lista de tabelas

Tabela 1 – Meses em campo/entrevistas realizadas	14
Tabela 2 – Mapeamento preliminar das mudanças no projeto.....	17
Tabela 3 – Quadro de perspectivas sobre a tecnologia	24

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Histórico de compra e construção da planta industrial	3
Figura 2 – Linha cronológica do caso.	7
Figura 3 – Estratégia de comissionamento a quente.	53
Figura 4 – Processo geral de produção da planta	56
Figura 5 – Imagem em 3D do CTS	58
Figura 6 – Forno redutor	59
Figura 7 – Esquema básico do Forno.....	60
Figura 8 – Eletrodos do Forno	61
Figura 9 – Janela de Inspeção.....	62
Figura 10 – Elevação diferente do canal de escória e metal.....	63
Figura 11 – Extração de escória.....	64
Figura 12 – Bica em detalhe	65
Figura 13 – As seis placas de cobre	66
Figura 14 – Formação da crosta protetora.....	67
Figura 15 – Vazamento de escória em outra planta industrial	69
Figura 16 – Caminhão Kress carregando um pote de escória.....	70
Figura 17 – Limite máximo do banho de escória e metal	71
Figura 19 – O conceito do projeto alemão.....	84
Figura 20 – Vazamento espontâneo	89
Figura 21 – Representação do vazamento espontâneo.....	90
Figura 22 – Relatório técnico	91
Figura 23 – Ilustração do desgaste dos tijolos da parede superior.....	95
Figura 24 – O desgaste encontrado pela equipe de demolição.....	96
Figura 25 – O limite de 40cm	97
Figura 26 – Modificações necessárias	102
Figura 27 – Estrutura geral da Abordagem do Time Único (A.T.U.).....	107
Figura 28 – Tabela de benchmarking para bicas.....	111
Figura 29 – Projeto da nova bica de escória	112
Figura 30 – Alteração nas bicas de escória	114
Figura 31 – A experiência prévia dos Projetistas canadenses.....	116
Figura 32 – Avaliação dos Projetistas sobre as placas de cobre originais.....	117
Figura 33 – Primeira versão da parede lateral	122
Figura 34 – Segunda versão da parede lateral.....	124
Figura 35 – Percepção da Operação sobre a segunda versão do projeto das paredes	125
Figura 36 – Terceira versão do projeto das paredes refratárias	129
Figura 37 – A quarta versão do projeto das paredes refratárias	130
Figura 38 – Transição do projeto das paredes refratárias	131

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Apresentação geral	1
1.2	O cenário da pesquisa	2
1.3	Os atores sociais	4
1.3.1	A empresa brasileira	4
1.3.2	A Implantação	4
1.3.3	A Operação	5
1.3.4	Os projetistas alemães e os canadenses	6
1.4	Uma breve apresentação do caso	6
1.5	Estrutura da dissertação	9
2	Metodologia	11
2.1	O histórico e os métodos de condução da pesquisa	11
2.2	Dificuldades e limitações	20
2.3	A base metodológica etnográfica	21
3	Considerações teóricas	23
3.1	O determinismo e o instrumentalismo tecnológico	23
3.2	A cristalização no processo de projeto:	26
3.3	Design Participativo: o aprendizado mútuo e as versões intermediárias do projeto	33
3.4	A natureza social do “conhecimento”	35
3.5	A noção de prática	37
3.6	A definição de prática operacional e de prática projetual	41
3.6.1	A prática operacional	41
3.6.2	A prática projetual	42
3.6.3	A relação entre as práticas operacional e projetual	44
4	Zona de guerra	50
4.1	A chegada do novo Gerente geral de operação	50
4.2	O Forno industrial e o processo geral de produção	55
4.3	O funcionamento ideal do Forno	57
4.4	O funcionamento do Forno na prática: a experiência dos operadores e o mundo da flexibilidade operacional	75
4.4.1	Projetistas alemães: o mundo da otimização energética	82
4.5	O “batismo de fogo”	88
4.6	Descobertas pós-vazamento espontâneo: o início do caso das paredes refratárias	94

4.7	A virada de concepção	100
5	Abordagem do Time Único.....	107
5.1	A estrutura da A.T.U.....	107
5.2	Adentrando a prática projetual: a experiência dos Projetistas canadenses.....	108
5.2.1	Projetistas canadenses: o mundo da eficiência periférica.....	118
5.3	O reprojeto das paredes refratárias.....	119
5.3.1	A primeira versão	121
5.3.2	A segunda versão	123
5.3.3	O dilema	127
5.3.4	A terceira e a quarta versões	128
6	Conclusões.....	133
6.1	O conflito de noções cristalizadas e o mundo da flexibilidade operacional	133
6.2	Caminhos para uma interação produtiva.....	138
	Referências Bibliográficas	140

1 Introdução

1.1 Apresentação geral

A presente pesquisa pretende analisar a ligação entre projeto e produção através da interação entre duas práticas: a prática operacional e a prática projetual. Por “prática operacional”, nos referimos à habilidade de operar, supervisionar e manter sistemas tecnológicos. Por “prática projetual”, nos referimos à habilidade de projetar tais sistemas. Ambas são distintas e importantes para o processo produtivo, embora possuam status e visibilidade muito diferentes. A prática projetual tende a ser reconhecida e valorizada; a prática operacional tende a ser invisível e preterida em relação à primeira. O encontro entre ambas ocorre no dia a dia da produção em plantas industriais, no momento em que os usuários – operadores – precisam lidar com artefatos tecnológicos que são projetados pelos projetistas para eles operarem. Quando o inesperado acontece e máquinas e tecnologias não funcionam como previsto, um conflito entre os representantes de ambas as práticas pode ocorrer. O conflito pode ainda ser intensificado se o processo de criação desses artefatos tiver ocorrido de forma “descendente” (DUARTE, 2000), ou seja: sem uma integração entre usuários e projetistas, havendo apenas um monopólio dos projetistas na tomada de decisões (GARRIGOU, 1995). O caso que analisamos traz justamente esse contraste: inicialmente, uma tecnologia industrial, construída de forma descendente, apresenta uma falha em seu funcionamento que provoca a necessidade de reprojeta-la. A falha produz, forçadamente, uma mudança de concepção que dá visibilidade à prática operacional. Em função disso, uma nova estratégia é adotada para o reprojeto: integrar usuários e projetistas e propiciar discussões e negociações sobre os aspectos técnicos da nova tecnologia, em um processo denominado de “design participativo” (GARRIGOU, 1995; DANIELLOU, 2005; LIMA, 2014). Este trabalho pretende narrar esse estudo de caso e analisar suas implicações: como foi possível, no caso estudado, unir atores – operadores e projetistas – com perspectivas e percepções diferentes e projetar uma tecnologia que incluísse as colaborações de ambos? Como um acidente industrial pôde gerar uma mudança cultural dentro de uma empresa? Que estruturas sociais e históricas perpassam a questão da relação entre a prática operacional e projetual? Como atuar em um cenário no qual representantes de diferentes práticas divergem tecnicamente? Em suma, este trabalho pretende analisar a interação entre operadores e projetistas através do contraste entre dois métodos distintos de projetar: o descendente e o participativo.

Muitos estudos ergonômicos propõem metodologias de intervenção direta em designs participativos, narrando o modo como o ergonomista entrevistou para contribuir no processo. Nosso estudo tem a acrescentar a essas análises, embora se diferencie em seu objeto: pretendemos narrar a história da interação entre operadores e projetistas que ocorreu sem a nossa intervenção. Teremos como norteadora uma discussão técnica específica: o reprojeto das *paredes refratárias do Forno redutor*. Nosso objetivo é compreender os fatores que levaram a interação entre Operação e Projetistas a tomar a forma que tomou e, a partir disso, sugerir caminhos para a construção de interações mais positivas.

Neste capítulo introdutório, começamos apresentando o projeto de pesquisa do qual este trabalho faz parte, o local onde a pesquisa ocorreu e os principais atores sociais que fazem parte da nossa investigação. Em seguida, apresentaremos um resumo do caso empírico analisado.

1.2 O cenário da pesquisa

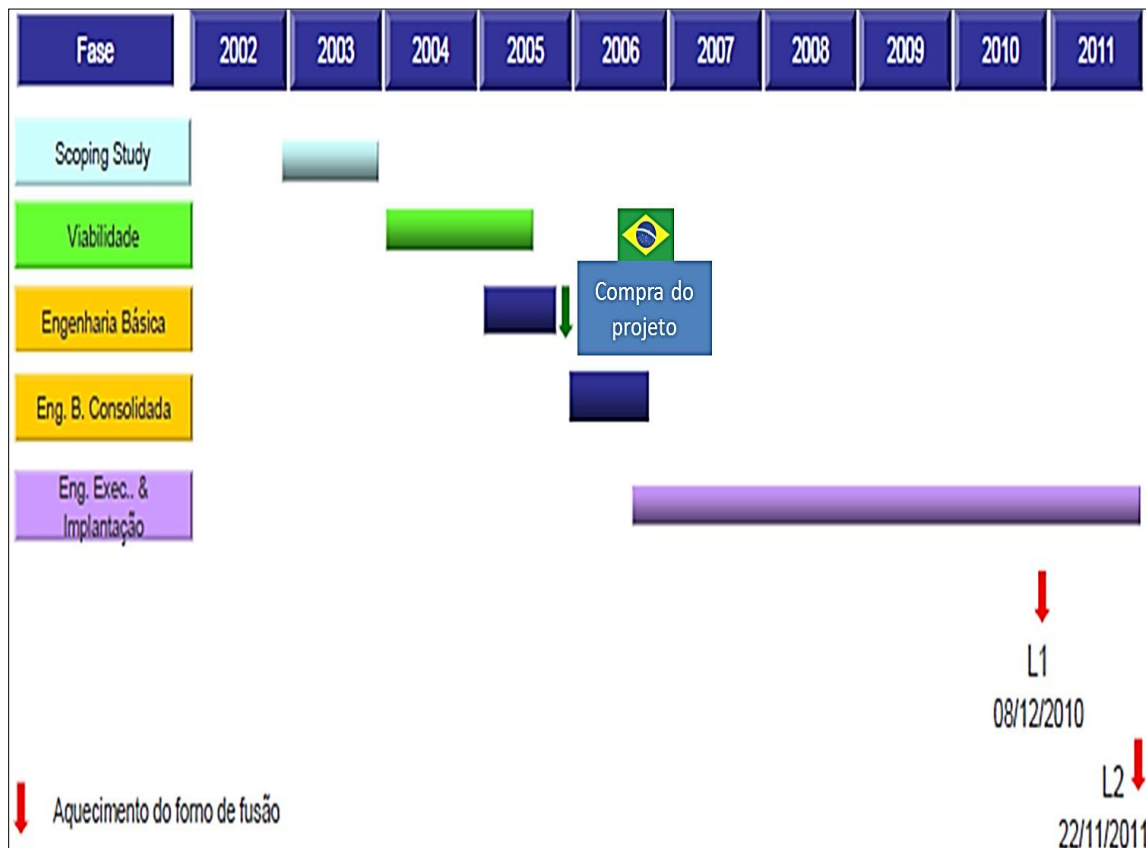
Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, iniciado em 2012, chamado *Gestão do Conhecimento Tácito: Capitalização da Experiência e Otimização de Resultados em Plantas Industriais*, coordenado pelos professores Rodrigo Ribeiro e Francisco de Paula Antunes Lima, ambos da UFMG. Um grupo de pesquisadores foi reunido com o objetivo de realizar análises sociológicas e ergonômicas da atividade industrial. A meta era contribuir com a gestão do conhecimento na planta pesquisada. Os pesquisadores, etnograficamente, fizeram uma imersão¹ nos grupos de funcionários da Operação da planta, realizando entrevistas e coletando dados em áreas diferentes, para compreender melhor a expertise de seus funcionários. Por esse motivo, alguns dos dados e entrevistas utilizados aqui provêm de outro pesquisador. Esse olhar próximo dos diferentes grupos e expertises dos funcionários possibilitou outras pesquisas de cunho qualitativo, como esta.

O local escolhido para a pesquisa foi uma planta industrial produtora de níquel no norte do Brasil. O terreno, que antes pertencia a uma mineradora canadense, foi adquirido por uma empresa brasileira em 2006. A construção dessa planta foi iniciada em 2007 e finalizada em 2010 e, ao final do mesmo ano, sua operação foi iniciada.

A imagem abaixo (FIG. 1) mostra as fases de implantação, anteriores à operação.

¹ Ver a definição de “imersão” adotada neste estudo na pág. 12.

Figura 1 – Histórico de compra e construção da planta industrial



Legenda: Quadro com a cronologia do início do projeto industrial e com o início da operação do Forno elétrico. A seta verde demarca a compra do projeto industrial pela empresa brasileira. As duas setas vermelhas marcam as datas de início da operação do Forno 1 e do Forno 2, respectivamente.

Fonte: Arquivo de pesquisa², 2012. (figura alterada pelo autor).

Quando a pesquisa foi iniciada, a planta em questão possuía um ano e quatro meses de operação sendo considerada, portanto, uma planta jovem, em “ramp up”³. Inicialmente, a equipe de pesquisa optou por acompanhar as atividades produtivas em uma das várias áreas da fábrica. Essas áreas correspondem a etapas da produção do níquel. A área escolhida para este pesquisador é chamada “Redução”, e a tecnologia principal dessa área é o “Forno de Redução”. Também conhecido como “Forno elétrico” ou “Forno redutor”, esse Forno industrial se tornou o personagem central de uma série de eventos que mudaram a dinâmica e

² Para manter o compromisso com o anonimato dos entrevistados, os nomes dos autores das figuras, apresentações e relatórios técnicos serão protegidos.

³ “Ramp-up” significa uma planta industrial em operação que ainda não atingiu sua capacidade produtiva nominal, isto é, a capacidade prevista no seu projeto.

toda a história da planta⁴. Entre o período de 2012 a 2014, a planta foi drasticamente afetada por múltiplos eventos e acaloradas discussões técnicas, que se deram em torno e em função de um acidente com o Forno de Redução que teve consequências sérias para a planta. Os participantes dessas discussões, também personagens desses eventos, são consultores, engenheiros, operadores e gerentes de empresas nacionais e estrangeiras. Esses atores também são representantes de duas práticas distintas sobre as quais este estudo se concentra: a prática operacional e a projetual.

Para nos referirmos a esses diferentes atores, os denominaremos conforme suas respectivas empresas que, por sua vez, serão denominadas através de suas respectivas nacionalidades⁵. O critério da nacionalidade visa agir como um recurso mnemônico que facilite a leitura.

1.3 Os atores sociais

1.3.1 A empresa brasileira

Inicialmente, temos a empresa brasileira, que é a detentora da planta e do Forno elétrico. Ela é uma empresa com grande expertise na produção de minério de ferro. Contudo, pode ser considerada “novata” no mercado de níquel brasileiro. O primeiro projeto industrial envolvendo produção de níquel feito no Brasil – por parte dessa empresa especificamente – é justamente o projeto pesquisado no presente trabalho. A empresa brasileira possui dois grupos com funções distintas: **Implantação** e **Operação**.

1.3.2 A Implantação

A **implantação** é o grupo que tem o dever de supervisionar todas as fases anteriores à operação da planta industrial. Trata-se de profissionais variados, que supervisionam o processo de contratação dos fornecedores, realizam análises dos projetos básicos e detalhados

⁴ É preciso explicar que havia dois Fornos elétricos nessa planta, pois ela possuía duas linhas de produção. Eles não foram, contudo, construídos e inicializados ao mesmo tempo. O Forno 1 teve sua operação inicializada antes do Forno 2 (FIG. 1). Este estudo irá se concentrar no Forno 1, embora o Forno 2 tenha sofrido problemas muito similares.

⁵ Os nomes reais de todos os envolvidos são preservados para garantir sua privacidade e dar foco no mais relevante: aquilo que podemos aprender com essa história.

dos equipamentos e ainda acompanham a fase de construção. A implantação conta com uma gama variada de profissionais, como gerentes, engenheiros e geólogos.

Uma de suas funções mais relevantes para nosso trabalho é a análise de projetos. A implantação foi incumbida de analisar o projeto de todos os equipamentos da planta, avaliando sua qualidade, buscando falhas e tentando antecipar problemas.

1.3.3 A Operação

A Operação é constituída por um grupo de funcionários cuja função é operar, supervisionar e realizar a manutenção de sistemas tecnológicos. Seu principal objetivo é produzir. Eles são, conjuntamente, os usuários das tecnologias colocadas a seu dispor e, através delas, têm a incumbência de levar a cabo toda a produção da planta. A classe social desses operadores é variada. Entre eles estão, por exemplo, engenheiros brasileiros e estrangeiros; ex-funcionários experientes provindos de outras plantas; novatos, membros da comunidade local, que receberam treinamento e qualificação para operar equipamentos específicos. Podemos dividir a operação em cinco grupos distintos: Forneiros; Operadores de sala de controle; Supervisores; Engenheiros e Gerentes.

Forneiros são funcionários cujas atividades estão relacionadas à extração direta do metal em forma líquida de dentro do Forno, que veremos em maiores detalhes no capítulo 4. **Operadores de sala de controle** realizam a operação do Forno através de computadores e softwares desenvolvidos para permitir alterar, por exemplo, a energia gasta e a quantidade de material utilizada na produção. Aliados a esses grupos, estão os **Supervisores**. Eles supervisionam e auxiliam a determinar os valores com os quais os Operadores de sala de controle devem trabalhar. Também existe o grupo da **Manutenção** que, como o próprio nome sugere, realiza reparos e ações preventivas para manter os equipamentos em funcionamento. Ambos os quatro grupos citados atuam no que é coloquialmente chamado de “chão de fábrica”, por estarem próximos ao Forno redutor cotidianamente e o utilizarem diretamente, seja extraindo metal de seu interior, seja operando-o na sala de controle.

Outro grupo, que auxilia na tomada de decisões, é o dos **Engenheiros**, que contribuem para a operação através de suas respectivas especialidades, que são muitas: engenheiros eletricitas, químicos, mecânicos, de minas e metalúrgicos são alguns exemplos do leque da formação dos profissionais que compõem esse grupo. Além deles, temos também os

Gerentes, cujas inúmeras funções se relacionam a gerir toda a produção e, além disso, também se relacionam a determinar e discutir métodos de operação do Forno e outras tecnologias e auxiliar na tomada de decisões. No dia a dia, não é incomum que Supervisores, Engenheiros e Gerentes discutam e cheguem a uma conclusão sobre determinada estratégia para superar algum desafio operacional. Desse modo é possível dizer que todos esses grupos, em conjunto, formam o conjunto de usuários do Forno redutor, com posições e atividades diferentes entre si, mas com o objetivo comum: produzir.

1.3.4 Os projetistas alemães e os canadenses

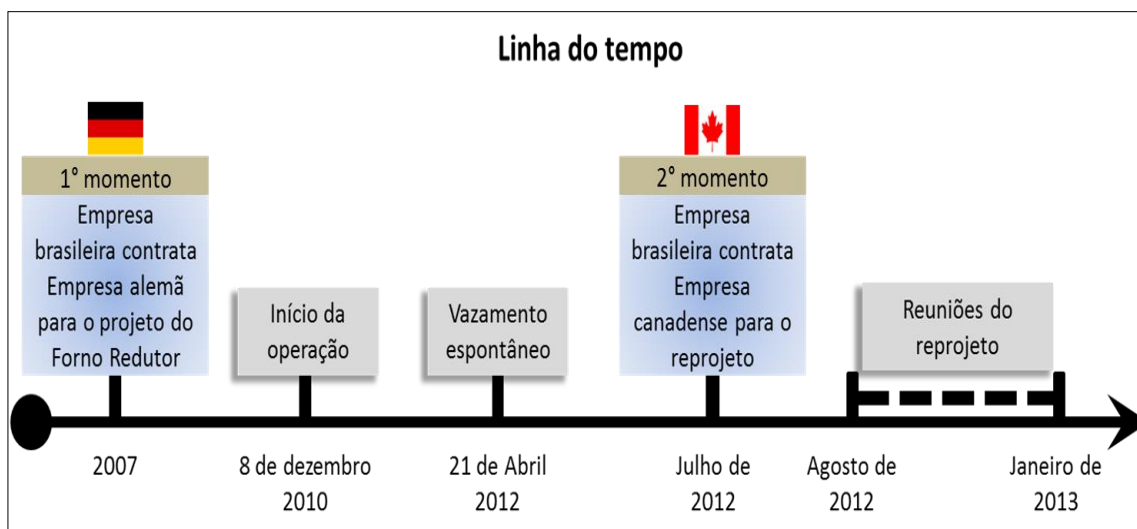
Antes da construção da planta, em 2007, a empresa brasileira contratou uma empresa alemã para fazer o projeto de seu Forno elétrico. Os **Projetistas alemães** são os criadores do projeto original, portanto.

Para mencionar todos os projetistas, saltaremos no tempo, de 2007 para 2013, para mencionar a chegada de outra empresa, de origem canadense, que foi contratada para reprojeter o Forno após um acidente ocorrido em abril de 2012. Os **Projetistas canadenses**, conjuntamente com a **Operação brasileira** – como veremos a seguir – realizaram o reprojeto do Forno redutor.

1.4 Uma breve apresentação do caso

O caso se divide em dois momentos diferentes: no primeiro, o projeto do Forno redutor foi criado de modo “descendente” pelos Projetistas alemães. No segundo, o reprojeto foi criado de modo “participativo” por uma ação integrada entre a Operação brasileira e os Projetistas canadenses. O divisor de águas entre o primeiro e o segundo momento foi um acidente industrial, chamado de “vazamento espontâneo”, ocorrido no Forno elétrico, que paralisou a operação da planta. Para servir como referência visual, segue abaixo (FIG. 2) um esquema resumindo a estrutura da empresa brasileira, a relação dela com as demais empresas e os “momentos” mencionados.

Figura 2 – Linha cronológica do caso.



Fonte: Figura elaborada pelo autor

Com essa imagem em mente, apresentamos um breve resumo do caso.

1º momento: a empresa alemã desenvolve, com sua equipe, o projeto do Forno redutor. O projeto foi discutido entre os membros da implantação da empresa brasileira e os Projetistas da empresa alemã e aprovado em 2007 sem maiores alterações. O processo de desenvolvimento foi de cima para baixo, “descendente” (DUARTE, 2000), no qual o projeto foi comprado e discutido, mas não alterado: não houve, além disso, envolvimento da Operação. A própria empresa brasileira não exigiu que fosse diferente, estabelecendo uma relação de compra e venda com os fornecedores do projeto, e não uma relação dialógica. Vale ressaltar, ainda, que, no contexto da compra do projeto, a equipe operacional que seria a usuária do Forno ainda não estava formada. A construção do Forno elétrico ocorreu ao longo de 2010, tendo sua operação sido iniciada ao final do mesmo ano. Durante os primeiros meses de funcionamento ocorreram muitos desentendimentos entre operadores brasileiros e projetistas alemães acerca da melhor maneira de se iniciar e operar o Forno redutor. As disputas técnicas foram gradualmente reduzidas após a chegada de um novo gerente geral, cujo trabalho era o de conduzir o “start-up” da planta, ou seja: ligar os equipamentos, incluindo o Forno redutor, e iniciar a operação. Após seu início, a operação seguiu, então, até abril de 2012.

Vazamento espontâneo: Em 21 de abril de 2012 o Forno redutor sofreu um acidente que paralisou as operações da planta por 12 meses. O acidente provocou um vazamento de metal líquido a 1500°C, que se espalhou pelo chão da área e, caso tivesse tido contato com

alguma fonte de água, poderia ter causado uma grande explosão. Esse tipo de acidente é chamado, entre os profissionais desse ramo, de “vazamento espontâneo”, em contraste com o “vazamento controlado” feito cotidianamente pelos Forneiros. Em função do acidente, o Forno Industrial foi dado como inoperável e a produção foi paralisada. Desde então, uma controvérsia tecnológica se iniciou entre Operadores brasileiros e Projetistas alemães. Cada um dos grupos responsabilizou o outro pelo acidente e pelos problemas que o Forno elétrico apresentou⁶. Um dos principais problemas estava relacionado às paredes refratárias⁷ do Forno redutor. Tal discussão se tornou controversa e não foi resolvida naquele momento.

2º momento: Como a controvérsia poderia se estender por anos a fio, a empresa brasileira não podia esperar até que uma conclusão se desenhasse. Para resolver o problema, duas opções foram cogitadas pela gerência: reprojetar o Forno – realizando mudanças – com a mesma empresa alemã que o criou o projeto original; ou contratar uma nova empresa. Devido ao subsequente desgaste nas relações entre brasileiros e alemães, a empresa brasileira decidiu pela segunda opção. A nova empresa projetista contratada tinha origem canadense. O processo de reprojeto ocorreu de modo muito diferente do que ocorreu anteriormente, na criação do projeto original. Se, no primeiro momento, o projeto do Forno elétrico original fora feito exclusivamente pelos alemães, o reprojeto tomou a direção oposta: incluir a Operação nas discussões técnicas sobre o projeto do novo Forno redutor. Isso se deu porque os gestores da empresa brasileira acabaram por ouvir as demandas e sugestões dos operadores e realizaram uma abordagem de “design participativo”, na qual operadores e projetistas discutiriam os detalhes do projeto do novo forno a ser implantado. As reuniões entre os grupos envolvidos foram chamadas, nos documentos oficiais, de *Abordagem do Time Único*⁸ (A.T.U.). Uma das principais discussões técnicas realizadas na *Abordagem do Time Único* foi sobre as “paredes refratárias” do Forno redutor. Essa discussão técnica será o foco de nossa narrativa. Para que o caso fique claro ao leitor, apresentaremos a estrutura da dissertação e, em seguida, a metodologia que guiou nossa investigação.

⁶ É preciso salientar, nesse momento, que o nosso estudo não se propõe definir quem tinha razão nessa disputa: a posição tomada, diante dessa questão, é a de que não se pode definir, em princípio, qual grupo está “correto”. Como os estudos de controvérsias científicas e tecnológicas já nos mostraram (Collins, 2010a), a circularidade das alegações de ambos os grupos não pode ser dissolvida simplesmente por argumentos convincentes e apresentação de dados empíricos. O “fechamento” dessa questão se dá através de um longo processo social, no qual ambos os grupos se articulam para construir alianças entre pares e tomar o monopólio da razão do grupo opositor.

⁷ “Refratário” são tijolos especiais, resistentes ao calor, que compõem a parede do Forno elétrico.

⁸ Tradução nossa. Nos documentos, o nome original era “*The One Team Approach*”.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente pesquisa analisa um projeto industrial brasileiro no qual uma tecnologia de alto nível falhou e precisou ser reprojeta. Ao longo dos capítulos a seguir narraremos essa história, cujo ponto de partida se dá com a chegada de um gerente geral à planta no começo de sua operação e termina com a finalização do reprojeto.

O foco será a interação entre os operadores desse equipamento – chamado de Forno elétrico – e os Projetistas, tanto os que criaram o projeto original como os que o reprojeteram. Iniciaremos nosso itinerário com uma introdução geral a todos os elementos necessários para a compreensão do caso.

Na introdução, o leitor é apresentado ao cenário, aos atores sociais, a um resumo geral do caso e às questões gerais que guiam esta pesquisa.

Em seguida, **no segundo capítulo**, apresentaremos a metodologia da pesquisa, o histórico do projeto ao qual a pesquisa está relacionada e explicaremos as dificuldades enfrentadas durante a construção deste trabalho.

Logo em seguida, **no terceiro capítulo**, analisaremos, brevemente, questões teóricas relacionadas ao nosso caso. Também iremos discorrer sobre os autores que embasaram a pesquisa e os principais conceitos utilizados para abordar nossos dados. Então o caso empírico será narrado. Ele está dividido em duas partes:

A primeira parte, **no quarto capítulo**, no qual analisaremos a interação entre operadores e projetistas logo no início da operação. Nesse cenário, o Forno elétrico já havia sido construído sem um diálogo entre a Operação e os Projetistas. Dificuldades operacionais levaram ambos os grupos a divergências técnicas sobre a melhor forma de operar o Forno. O arco da história, nessa primeira parte, se inicia com a chegada de um novo gerente geral que, ao começar seu trabalho, constata a discordância entre os grupos citados e tenta solucionar a questão. A primeira parte termina com um grave acidente no Forno e com os eventos que se seguiram imediatamente após, até a decisão de reprojeter o Forno com uma nova empresa.

A parte final do caso, **no quinto capítulo**, se inicia com o reprojeto do Forno elétrico. Analisaremos a interação entre os operadores e os novos projetistas, contratados para refazer o Forno elétrico, em um cenário diferente do primeiro: uma estratégia de “design participativo”, no qual há efetiva integração entre prática operacional e a projetual. Nesse

novo contexto, uma das discussões técnicas levantadas nas reuniões será analisada com maior profundidade: o caso das paredes refratárias. Essa questão já havia sido trazida à tona anteriormente pelos operadores, no enfrentamento com Projetistas alemães, mas não foi resolvida. Acompanharemos o processo de reprojeto desde o início até sua conclusão, focando-nos na questão técnica específica das paredes refratárias.

Ambas as partes concluídas, apresentaremos, **no sexto capítulo**, as implicações caso, conclusões e recomendações.

2 Metodologia

2.1 O histórico e os métodos de condução da pesquisa

O presente trabalho resulta de um misto entre análises documentais e realização de entrevistas por meio de uma imersão⁹ de um ano em uma planta industrial brasileira. Parte dos dados analisados nesta pesquisa, referentes ao processo de tomada de decisões e negociações entre Operadores, Projetistas e Gerentes, se deu por meio de entrevistas e análises de documentos escritos, como memorandos, manuais, atas de reuniões e contratos, para preencher lacunas e recuperar informações. Isso significa que um trabalho etnográfico não foi possível no que se refere a um acompanhamento presencial das reuniões realizadas pela gerência das empresas envolvidas, nas quais decisões de grande importância foram tomadas. Tampouco acompanhamos presencialmente as reuniões da *Abordagem do Time Único*, nas quais houve negociações entre os membros da Operação e os Projetistas, que são uma parte relevante do trabalho. Isso se deve ao desejo de todas as empresas envolvidas em resguardarem sigilo industrial e em preservarem negociações difíceis da presença de terceiros.

Para compreender o processo de tomada de decisões e as discussões técnicas entre os grupos envolvidos na A.T.U., atuamos como historiadores: abordamos um objeto – a discussão técnica sobre o reprojeto das paredes refratárias do Forno elétrico – pertencente há um tempo pregresso e tentamos viabilizar seu resgate por meio dos relatos daqueles que o testemunharam. As entrevistas foram realizadas com Operadores brasileiros, Gestores brasileiros e estrangeiros e Projetistas canadenses em seu país de origem.

A pesquisa foi iniciada em fevereiro de 2012. A coleta de dados foi desenvolvida durante 17 meses de pesquisa de campo. No início, o objetivo era realizar uma investigação etnográfica sobre o trabalho dos operadores do Forno redutor e, a partir daí, traçar um objeto de pesquisa. Contudo, como mencionado, logo em abril do mesmo ano o Forno sofreu um “vazamento espontâneo” que causou a parada de uma das linhas da produção. A partir desse ponto, o objetivo traçado foi o de acompanhar as discussões e eventos relacionados às discussões técnicas que surgiram entre operadores e projetistas após o acidente. Para melhor compreender a perspectiva dos operadores, foi conduzida uma imersão que implicou o

⁹ Chamamos de “imersão” uma das principais estratégias de pesquisa da antropologia/etnografia, na qual o pesquisador observa as práticas de um determinado grupo presencialmente, fazendo parte desse grupo e interagindo diretamente com seus integrantes. Assim, após meses e, em alguns casos, anos de imersão, o pesquisador pode compreender, ao menos parcialmente, as práticas do grupo analisado.

acompanhamento do dia a dia das práticas operacionais, principalmente enquanto o Forno da linha dois – o “Forno 2” – ainda estava em operação, após o acidente ocorrido no Forno da linha um – o “Forno 1”.

Isso significou horas de observação e acompanhamento das atividades dos operadores: reuniões, conversas no corredor, atividades cotidianas, etc., além da realização de entrevistas semiestruturadas e da coleta de relatórios, apresentações e documentos. Vale ressaltar que o acompanhamento das atividades práticas se deu até julho de 2012, mês no qual um segundo “vazamento espontâneo” ocorreu, dessa vez no Forno 2, que paralisou completamente a produção de toda a fábrica. Esse acompanhamento possibilitou uma compreensão geral sobre o funcionamento do Forno e das discussões técnicas que surgiram futuramente ao longo de toda a pesquisa. Sem tal acompanhamento, não seria possível entender a linguagem técnica dos entrevistados. Além disso, graças a essa imersão foi possível, por exemplo, a escrita da seção “O funcionamento do Forno na prática”, após várias entrevistas e horas de observação em campo. Desse modo, além de uma compreensão geral sobre o Forno que possibilitou a condução de toda a pesquisa, foi possível captar superficialmente um pouco da complexidade da experiência dos operadores, que escaparia de qualquer tentativa de síntese através da linguagem, mas que pôde ser brevemente entendida pela observação de suas vivências e de suas atividades de trabalho. Após a paralisação da planta, a imersão continuou até o primeiro semestre de 2013: entrevistas e anotações registraram as explicações dos Operadores sobre sua própria atividade e auxiliaram a refinar o entendimento sobre sua prática.

A possibilidade de realizar uma imersão semelhante com os Projetistas do Forno original não foi, contudo, concretizada. A controvérsia iniciada pelo “vazamento espontâneo” logo se tornou um tópico extremamente delicado de se tratar e, por questões legais, o acesso aos Projetistas alemães não foi possível. A escassez de fontes relacionadas a eles poderia resultar em um texto unilateral e injusto. Por essa razão, no início de 2014, o foco da pesquisa foi redirecionado para o processo de reprojeto do Forno, o qual já havia sido acompanhado parcialmente por meio dos relatos dos operadores durante a imersão feita entre eles em 2012. Ao final de 2014, no entanto, o objeto da pesquisa tornou-se mais claro: a interação entre as práticas operacional e projetual ao longo da história da planta, desde o começo até o reprojeto. Esse enfoque possibilitou destacar a “virada de concepção” sofrida pela empresa brasileira em relação ao reconhecimento das contribuições dos membros da Operação.

Ao todo, foram 193 dias de pesquisa de campo na planta industrial e no Canadá, além de leituras, transcrições de entrevistas e confecção de relatórios (essas últimas atividades realizadas fora de campo, evidentemente). Foram realizadas visitas à planta com a duração de onze dias por mês, em média. Além da planta brasileira, o escritório da empresa canadense, responsável pelo reprojeto do Forno, também foi visitado e os integrantes do grupo que reprojetoou o Forno foram entrevistados.

Durante três anos de pesquisa, foram realizadas 125 entrevistas – gerando treze relatórios das atividades observadas – distribuídas entre os meses da seguinte maneira (tabela 1):

Tabela 1 – Meses em campo/entrevistas realizadas

Ano	Mês em campo	Entrevistas	Entrevistados		Local
			Equipe	Cargo	
2012	Março	6	Operação brasileira	E.B	Brasil
	Abril	1	Operação brasileira	G.B	Brasil
	Maio	6	Operação brasileira	S.B; E.B; G.B	Brasil
	Junho	10	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B	Brasil
	Julho	2	Operação brasileira	E.B	Brasil
	Agosto	5	Operação brasileira	E.B	Brasil
	Setembro	8	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B	Brasil
	Outubro	11	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B	Brasil
	Novembro	9	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B; G.B	Brasil
Dezembro	6	Operação brasileira	E.B; G.B	Brasil	
2013	Janeiro	10	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B	Brasil
	Fevereiro	7	Operação brasileira	O.B; S.B	Brasil
	Março	1	Operação brasileira	E.B	Brasil
2014	Janeiro	19	Operação brasileira	O.B; S.B; E.B; G.B	Brasil
	Fevereiro	8	Operação brasileira	S.B; E.B	Brasil
	Março	1	Projetista canadense	E.C	Brasil
	Junho	11	Projetistas canadenses	G.B; E.C; G.C	Canadá
	Julho	2	Operação brasileira	E.B; G.B	Brasil
	Agosto	1	Projetista canadense	E.C	Brasil
	Outubro	1	Operação brasileira	E.B	Brasil
Total de entrevistas			125		
Dias em campo			193		

Legenda: O.B = Operadores de sala de controle brasileiros; S.B = Supervisores brasileiros E.B = Engenheiros brasileiros; G.B = Gestores brasileiros; E.C = Engenheiros canadenses; G.C = Gestores canadenses.

Fonte: Tabela elaborada pelo autor

Metodologicamente, buscamos entender os pontos de vista dos atores entrevistados sobre as mudanças realizadas no reprojeto, sobre o histórico das discussões e negociações, e sobre as razões que balizavam suas avaliações. As entrevistas tinham um roteiro básico, mas não eram orientadas de modo rígido por ele. Algumas das perguntas iniciais foram:

1. Quais foram as propostas de mudança na área em que você trabalhou?
2. Quais foram propostas por vocês?
3. Quem propôs? De onde veio a proposta? Operação ou Projetistas?
4. Das propostas feitas pelo outro grupo, com quais você concordou? Por quais motivos?
5. De quais discordou? Por quais motivos?
6. Das mudanças propostas por vocês, quais foram implantadas? Por que sim? Por que não?
7. Das mudanças propostas pelo outro grupo, quais foram implantadas? Por que sim? Por que não?

A partir de perguntas mais gerais, uma triagem inicial dos casos possibilitou a seleção de discussões e de perguntas mais específicas e técnicas¹⁰, direcionadas a esses debates como, por exemplo, o caso das paredes refratárias analisado neste trabalho:

1. Qual foi a altura requisitada para as placas de cobre nas paredes refratárias? [Pergunta direcionada para membros da Operação]
2. Quais razões, baseadas na sua experiência, levaram a requisitar um aumento na refrigeração das paredes? [Para membros da Operação]
3. De quanto foi o aumento real na altura das placas de cobre nas paredes refratárias? [Para ambos os grupos]
4. O aumento era necessário? Por quê? [Para Projetistas]
5. Qual é a altura e quantas placas são normalmente colocadas em outros Fornos do mesmo tipo e que produzem o mesmo metal? [Para Projetistas com experiência em outros projetos]
6. Quais foram as diferentes versões do projeto das paredes? [Para ambos]
7. Em que contexto cada um foi feito? [Para ambos]
8. Quais foram os seus parâmetros para analisar cada versão? [Para ambos]
9. Quais experiências passadas influenciaram seu julgamento? [Para ambos]
10. No que se basearam os modelos térmicos que avaliaram o projeto das paredes? [Para Projetistas]
11. Como o seu grupo influenciou nas alterações que levaram as diferentes versões desse projeto? [Para ambos]

¹⁰ A essa altura, o leitor provavelmente não terá condições de entender o conteúdo técnico das perguntas. Esse entendimento não é, contudo, necessário nesse momento. As perguntas foram listadas meramente como um exemplo que ilustra os métodos de condução das entrevistas.

Os testemunhos foram comparados com os documentos escritos para uma triangulação das informações. Para a melhor compreensão dos aspectos técnicos envolvidos nos pontos de vista dos dois grupos, as entrevistas também serviram, em alguns casos, como um guia no acompanhamento das práticas dos entrevistados, no caso da operação da planta. O objetivo era tentar compreender a complexidade técnica do ponto de vista do ator envolvido não somente através da linguagem, mas também com demonstrações feitas em campo. Durante algumas entrevistas na planta, os entrevistados eram convidados a mostrar, no próprio Forno redutor, os aspectos que compuseram sua avaliação e as razões que justificariam sua posição, baseadas em sua experiência.

Os entrevistados foram variados: supervisores com muito tempo de experiência em plantas metalúrgicas, engenheiros experientes, operadores de sala, gestores de ambas as companhias e projetistas do novo Forno elétrico. Inicialmente, o foco geral das entrevistas estava em separar os casos, mediante os seguintes critérios:

1. Casos nos quais a Operação propôs uma mudança e os Projetistas concordaram;
2. Casos nos quais a Operação propôs uma mudança e os Projetistas discordaram;
3. Casos nos quais os Projetistas propuseram uma mudança e os operadores concordaram;
4. Casos nos quais os Projetistas propuseram uma mudança e os operadores discordaram

Além desses casos, foram também avaliados aqueles em que modificações propostas por cada um dos grupos foram aprovadas e aqueles em que não foram aprovadas. As perguntas, que visavam uma abordagem inicial e geral para mapear as discussões e modificações feitas, geraram o seguinte quadro (tabela 2):

Tabela 2 – Mapeamento preliminar das mudanças no projeto¹¹

Posição dos grupos	Implementado	Não implementado
Operação propôs Projetistas concordaram	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento da altura da refrigeração das paredes. 2. Trocar “bico de pato” por canhão de lama na área da escória. 3. Maior iluminação na área da escória 	X
Projetistas propuseram Operação concordou	<ol style="list-style-type: none"> 1. Design da bica de escória Y diferente 2. Mudança de U para V no formato das bicas de escória 3. Design de bicas com dupla inclinação 4. Aumento do ângulo e diminuição do canal da bica de escória 	X
Operação propôs Projetistas discordaram	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bicas retas (não duplas) 2. Refrigeração sem água próxima as bicas 3. Opção selecionada para refrigeração por ventiladores na área da escória 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A quarta versão da área de escória feita pela operação
Projetistas propuseram Operadores discordaram	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de proteção a splash nas bicas de metal 2. Sistema de junção do forno por molas 3. Maior refrigeração no canal de escória 4. Somente três bicas de escória 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Radar de medição do nível de metal (frontier) 2. Sensor de fibra ótica (frontier) 3. Inclinação do chão abaixo do forno (proteção contra run-outs)

Legenda: A palavra “Projetistas” se refere aos Projetistas canadenses e não aos Projetistas alemães.

Fonte: Tabela elaborada pelo autor

O objetivo desse quadro era separar a origem da contribuição por cada grupo – operadores e projetistas – e também adquirir uma visão ampla das discussões realizadas. Contudo, essa abordagem, apesar de útil no início, se mostrou problemática logo em seguida. Quando os casos específicos foram analisados de perto, a separação estrita e clara da origem da ideia e também a delimitação de concordâncias e discordâncias se tornava, por vezes, turva. Os entrevistados mencionaram, mais de uma vez, que o processo dinâmico de troca de ideias entre operação e projetistas dificultava uma determinação fechada da origem de uma ideia, pois muitas delas surgiram da interação e das discussões. Em alguns relatos, como no de um dos principais gestores entrevistados, isso foi explicitado em detalhes. Quando perguntado sobre a autoria de uma mudança específica realizada no reprojeto, o entrevistado respondeu:

¹¹ Novamente não é necessário, a esse momento, um entendimento, por parte do leitor, dos termos técnicos utilizados nesse quadro. Ele serve para ilustrar uma tentativa de categorização das contribuições de cada grupo segundo suas próprias experiências e, além disso, também ilustra um dos desafios enfrentados na pesquisa: a multiplicidade de casos e focos possíveis, dado ao número elevado de discussões que cada alteração no Forno suscitou.

Isso é algo que volta para o que estávamos falando antes sobre todo mundo atirando ideias junto. Essa foi uma reunião com [a empresa canadense]. Tínhamos pessoas do site por teleconferência e nós mesmos, em uma reunião, onde nós estávamos discutindo uma proposta para a parede [superior]. Alguém da [empresa canadense] iria pegar essa proposta e iria até a esquina, para o próprio escritório e, junto com seus colegas, iriam executar modelos térmicos para verificar, nessa configuração particular, como a proposta se comportava de um ponto de vista térmico. Em seguida, ele trazia isso de volta e nós fazíamos imediatamente uma apresentação para discutir e ver se era o certo. E é assim que nós trabalhamos. Interação com todo mundo. E todo mundo estava compartilhando um mesmo objetivo. Nós queríamos fazer o melhor Forno a partir do ponto de vista do conforto do operador. [...] E as ideias foram geradas. É difícil dizer: "sim, esta foi a minha ideia, sabemos disso". [...] E assim ocorreu essa interação contínua de geração de ideias e avaliação de ideias. E então finalmente encontramos uma solução. Foi um processo de brainstorming. E um brainstorming com todos envolvidos.¹² (tradução nossa)

O que esse trecho em particular mostra foi repetido em várias entrevistas: a dificuldade de determinar a origem de uma ideia em um cenário no qual tantos atores estavam em interação. Mesmo quando um entrevistado clamou explicitamente a autoria de uma ideia, atores do outro grupo também o fizeram, o que dificultou a abordagem em busca da origem. O caminho adotado, então, foi o de encontrar as razões da requisição pela mudança, seja por parte de operadores, seja por parte de projetistas. Esse critério separou mais eficazmente a origem das demandas relacionando-as aos grupos nos quais elas surgiram, como se verá no caso discutido adiante.

Outro problema encontrado durante o andamento da pesquisa foi a classificação binária entre concordância e discordância. Isso foi sintomático especialmente no caso que será analisado no próximo capítulo. Nesse caso específico, a Operação requisitou uma mudança com a qual os Projetistas canadenses concordaram somente em parte. Quando entrevistados sobre o tema, os Projetistas alegaram que, se dependesse de seus critérios, a mudança não seria feita ou seria feita de outro modo. Contudo, mesmo assim os Projetistas realizaram a mudança pois, nas palavras de todos eles, foram requisitados a fazê-lo embora recomendassem o contrário. Tal tipo de cenário dificultava uma clara distinção entre concordância e discordância, sendo muito melhor representado por uma área cinzenta na qual projetistas aceitam uma requisição da Operação em um momento para, talvez em outro,

¹² S, Engenheiro da empresa brasileira. Canadá, Junho, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

travarem uma oposição em relação a uma mudança com a qual veementemente discordassem. O autor Louis Buccionelli (2003) descreve bem esse cenário, ao afirmar:

Os participantes de qualquer projeto de design, mesmo do tipo mais simples, trabalhando em diferentes domínios sobre as diferentes características do sistema, terão diferentes responsabilidades e muito frequentemente as criações, descobertas, reivindicações e propostas de um indivíduo vão estar em desacordo com as do outro. Embora todos eles compartilhem um objetivo comum, em algum nível, em outro nível seus interesses entram em conflito. Como resultado, negociação e "trade-offs" são necessários para trazer os seus esforços e colocá-los em coerência. Isto, por sua vez, faz com que o projeto seja um processo social. Se pararmos aqui, isso não é terrivelmente problemático. O que complexifica a situação e faz a atividade de projetar um desafio da mais alta ordem é que cada participante vê o objeto do projeto de forma diferente. (BUCCIARELLI, 2003. p. 9) (tradução nossa)

Assim, no decorrer da pesquisa, o quadro inicial (tabela 2) que mapeava a origem das mudanças no projeto do Forno deu lugar a uma análise focada em casos específicos. Em todos eles, a fronteira entre concordância e discordância não está clara. As discussões, negociações e áreas cinzentas se tornaram salientes após um exame mais detalhado. Somente o primeiro olhar, distante e simplificador, poderia sustentar separações claras entre as origens das ideias e entre o posicionamento de cada um dos grupos. Uma suposta convergência ou divergência total entre os envolvidos não se sustenta quando um olhar atento se aproxima e dissolve a aparente simplicidade do caso. Esses foram alguns dos aprendizados que ocorreram no início da pesquisa de campo.

Por fim, as entrevistas foram organizadas e arquivadas de acordo com o mês no qual ocorreram e aquelas consideradas relevantes para o caso foram transcritas. Além de entrevistas, as atividades rotineiras dos membros da Operação foram acompanhadas e registradas por meio de extensas anotações. Houve, além disso, análise de relatórios, de atas de reuniões, de memorandos e de apresentações e relatórios produzidos por funcionários das duas companhias e por consultores terceirizados. Documentos técnicos sobre o Forno, manuais, fichas técnicas dos materiais que o compunham, relatórios sobre a montagem e relatórios de especialistas e representantes das empresas envolvidas foram os documentos escritos analisados. Buscou-se, na análise desses documentos, demarcar melhor a diferença de percepção entre os envolvidos e o jogo das negociações sobre cada mudança no reprojeto. Eles também serviram para embasar a formulação de perguntas específicas aos entrevistados,

principalmente as versões preliminares do design e as atas de reuniões que citavam alguns dos argumentos usados de cada lado.

2.2 Dificuldades e limitações

Um dos fatores diferenciais deste trabalho é também um fator limitante: a pesquisa foi realizada no ramo industrial, entre empresas privadas. Para sua realização, foi possibilitado o acesso a reuniões, discussões, documentos, apresentações e atores que, normalmente, estão de portas fechadas para questões acadêmicas por se tratar, justamente, de empresas privadas. O cenário único e a oportunidade rara de realizar a pesquisa tornaram a investigação mais instigante, porém, simultaneamente, mais difícil. Justamente por se tratar de empresas privadas, cujo principal valor no mercado se baseia na exclusividade de suas técnicas e tecnologias, o acesso não foi, em muitos casos, concedido. A participação em eventos fechados, em reuniões entre operadores e Projetistas e em discussões que envolviam tomadas de decisões pelo alto escalão das empresas – ocasiões ricas em discussão técnica – estava vetada. Assim, a recuperação de muitos desses dados se deu principalmente através da análise de atas de reuniões e de entrevistas.

Esse sigilo se deve também aos cuidadosos e detalhados acordos de confidencialidade assinados entre as empresas que fazem negócios nesse ramo. Até mesmo na relação entre comprador e fornecedor existem inúmeras cláusulas de confidencialidade que restringem o acesso a desenhos e cálculos detalhados. Por esse motivo, sempre houve muita cautela na liberação de dados, principalmente atas de reuniões, layouts básicos e relatórios técnicos. Muitos documentos que se mostraram relevantes foram obtidos, embora, provavelmente, muitos outros que poderiam enriquecer a análise tenham sido vetados.

Outra barreira sempre presente estava na linguagem técnica. Para que muitos dos documentos escritos fizessem sentido para este pesquisador, foram necessárias muitas horas de imersão e de entrevistas. Não fossem esses dois fatores, não haveria condições de atribuir sentido aos documentos técnicos de alta complexidade que foram obtidos. Esse obstáculo, felizmente, foi gradualmente sendo superado, embora jamais totalmente. Para garantir uma interpretação mais precisa, sempre foi necessário voltar aos experts com mais perguntas.

2.3 A base metodológica etnográfica

Como diretriz para os estudos etnográficos, nos alinhamos às bases metodológicas formuladas pelo pesquisador Dominique Vinck:

A etnografia [...] é um método de investigação e de elaboração de relatos, caracterizada pela combinação de observações realizadas *in situ*, de entrevistas livres ou parcialmente dirigidas com as pessoas envolvidas, de notas instrumentadas (listas, contagens...) e pela participação do observador em certas atividades (observação participante). Com essa postura de busca, o observador deve permanecer por muito tempo no local da investigação para compreender-lhe a riqueza, os elementos mais significativos e as sutilezas de tudo isso. Ele registra o que vê, o que ouve e vive levando um diário ou uma caderneta de notas de campo, retranscrevendo conversações, guardando os documentos recebidos ou produzidos por ele mesmo (fotografias, cópias de telas e arquivos de informática) e compilando seus dados. Suas lembranças pessoais constituem, também, uma forma de registro, que ele vai cruzar depois, no momento da organização de um relato destinado, sobretudo, a pessoas que não conhecem esse ambiente e que nunca aí estiveram. A atualização e o domínio de uma forma de escrita, para esclarecer sobre as situações estudadas, fazem parte do trabalho do mesmo modo que a condução da investigação. (VINCK, 2013. p. 275)

Esses são, nas palavras do autor, procedimentos metodológicos básicos para qualquer trabalho de etnografia da técnica, da ciência, do trabalho dos engenheiros, dos processos de projeto e do mundo industrial. Nesse sentido, tais considerações metodológicas gerais se aplicam ao trabalho do antropólogo, do sociólogo, do ergonomista, do etnoarqueólogo, etc. Essas bases orientaram a coleta de dados deste estudo, embora tenha sido necessário buscar orientações mais específicas.

A especificidade metodológica com a qual nos alinhamos está no que Vinck denomina como uma atenção especial “às mediações materiais”, ao dizer:

A presente obra procura justamente valorizar as diversas mediações, inclusive de materiais, como o fazem, por exemplo, Akrich (1996), Weill ou Chapel (1997). Nós temos trabalhado com a hipótese de que há interesse em buscar detalhes das ações e dos objetos observados e em considerar sua concretude. Tratou-se, então, de nos ocuparmos das práticas e da opacidade dos objetos manipulados, da contingência das situações, de sua trama sociotécnica e dos caminhos sinuosos percorridos pelas pessoas. Tratava-se de compreender a “contextura” indissociavelmente social e técnica das situações dos seres e dos cursos de ação. O trabalho consistia

em analisar as práticas e as mediações efetivas, empregadas em nível local, que produzem a técnica e a sociedade, sua complicação e sua distinção. (VINCK, 2013. p. 276)

Vinck reivindica a importância de uma etnografia que focalize os objetos e os construtos sociais, não somente a interação entre humanos e os significados simbólicos de suas ações. Os interesses do nosso estudo se veem contemplados pelas preocupações do autor. O trabalho discute um caso relativo ao reprojeto de uma tecnologia industrial. A análise dedicará especial atenção às formas transitórias do projeto, aos valores culturais envolvidos no debate e ao contexto de criação de cada uma dessas formas. Além disso, o estudo buscará evidenciar o papel da mediação para a discussão técnica que as diferentes versões de um projeto particular suscitaram entre os diferentes grupos participantes. Para tanto, apresentaremos, a seguir, um breve quadro teórico referente aos desafios e paradoxos envolvidos na atividade de projeto.

3 Considerações teóricas

3.1 O determinismo e o instrumentalismo tecnológico

Iniciaremos nossa discussão teórica apresentando uma discussão, de cunho sociológico e filosófico, sobre o que é tecnologia. Essa discussão nos servirá como um importante instrumento para analisar o estudo empírico realizado nessa pesquisa. Não somente: através dessa discussão, perceberemos que os atores sociais do nosso caso possuem uma determinada concepção sobre a tecnologia que pode ser enquadrada segundo os termos da investigação filosófica que apresentaremos. Também perceberemos, ao longo do estudo, o modo como esses posicionamentos se mantiveram ou foram transformados diante dos acontecimentos inesperados na planta industrial brasileira pesquisada.

Inicialmente, voltamos à pergunta: “o que é tecnologia”? Seria ela um instrumento passivo nas mãos de seus usuários? Ou seria ela determinadora de ações, relações e até mesmo a principal responsável pelo sucesso (ou pelo fracasso) de um sistema de produção? Pa

O filósofo Andrew Feenberg, ao discutir as concepções sobre tecnologia presentes em obras de outros pensadores, demarcou dois¹³ posicionamentos distintos. Os balizadores dessa demarcação seriam: 1) a crença de que a tecnologia é totalmente controlada por seus usuários; 2) a crença em sua soberania, de tal modo que ela determina as ações e relações ao seu redor. Os posicionamentos resultantes de cada resposta estão situados no quadro abaixo (FEENBERG, 2010, p. 56):

¹³ Estamos, sobre esse ponto, realizando uma simplificação. O autor realizou uma classificação com quatro posicionamentos, originalmente. Contudo, dois deles não nos auxiliariam à compreensão do caso que analisamos e, portanto, não serão mencionados. Para uma discussão mais aprofundada, ver Feenberg, 2010. 56.

Tabela 3 – Quadro de perspectivas sobre a tecnologia

O que é tecnologia?		
Resposta:	“É autônoma”	“É humanamente controlada”
Posicionamento:	Determinista	Instrumentalista

Fonte: (alterada pelo autor) (FEENBERG, 2010, p. 56).

Cada resposta para a pergunta resulta em um posicionamento distinto. É possível enquadrar, em cada um dos dois posicionamentos, filósofos e pensadores célebres como Martin Heidegger, Karl Marx e Max Weber. Contudo, o debate filosófico entre tais personalidades sobre o que é a tecnologia não nos interessa. O que nos interessa é notar que, independentemente dos debates teóricos que essa questão tem levantado ao longo de décadas entre filósofos, o quadro apresentado também serve para classificar posicionamentos daqueles que, distantes do debate teórico, lidam com a tecnologia em seu dia a dia, dentro de suas respectivas práticas¹⁴.

Desse modo, as perspectivas instrumentalista e determinista serão centrais nesse estudo, pois tornam possível uma melhor compreensão dos posicionamentos dos grupos analisados neste trabalho. Nos focaremos, portanto, no entendimento de ambas.

Para Feenberg, a perspectiva instrumentalista é:

Essa é a visão-padrão moderna, segundo a qual a tecnologia é simplesmente uma ferramenta ou instrumento com que a espécie humana satisfaz suas necessidades. (...) essa visão corresponde à (...) uma característica preponderante da tendência que dominou o pensamento ocidental até bastante recentemente. (FEENBERG, 2010, p.57).

O instrumentalismo é a visão daqueles que acreditam que a tecnologia seja um instrumento nas mãos dos humanos. Ela, por si mesma, não poderia influenciar ou determinar

¹⁴ A noção de “prática” adotada neste estudo será analisada mais detalhadamente nas seções posteriores.

de alguma forma as ações e relações ao seu redor. A tecnologia, nessa perspectiva, é tomada como uma ferramenta que é usada passivamente. Ela é neutra e humanamente controlada.

Essa posição torna-se interessante quando contrastada com o determinismo. Para Feenberg:

Na caixa subsequente do quadro, (...) lê-se o vocábulo determinismo, que traduz uma visão amplamente mantida nas ciências sociais desde Marx, segundo a qual a força motriz da história é o avanço tecnológico. Os deterministas acreditam que a tecnologia não é controlada humanamente, mas que, pelo contrário, controla os seres humanos, isto é, molda a sociedade às exigências de eficiência e progresso. Os deterministas tecnológicos usualmente argumentam que a tecnologia emprega o avanço do conhecimento do mundo natural para servir às características universais da natureza humana, tais como as necessidades e faculdades básicas. (FEENBERG, 2010, p. 57-58)

O determinismo considera os artefatos tecnológicos como capazes de transformar as relações a sua volta. Portanto, o determinismo percebe a tecnologia como a “protagonista”, por exemplo, dentro de um sistema produtivo. Ao passo que instrumentalistas creditam o sucesso de um sistema de produção à engenhosidade humana, entendendo os usuários como protagonistas, os deterministas consideram que a tecnologia é o “elo forte” de toda a cadeia produtiva e os usuários devem, portanto, atuar como um suporte que permite o pleno funcionamento tecnológico.

Um bom exemplo das diferenças radicais que podem existir entre essas duas perspectivas é o debate sobre legalização da venda de armas nos EUA, citado por Bruno Latour (2001). Ele diz:

"Armas matam pessoas" é o *slogan* daqueles que procuram controlar a venda livre de armas de fogo. A isso replica a National Rifle Association com outro *slogan*: "Armas não matam pessoas; pessoas matam pessoas". O primeiro é materialista[determinista]: a arma age em virtude de componentes *materiais* irredutíveis às qualidades sociais do atirador. Por causa da arma o cidadão ordeiro, bom camarada, torna-se perigoso. A NRA, por seu turno, oferece (o que é muito divertido, dadas as suas convicções políticas) uma versão *sociológica*[instrumentalista] que costuma ser associada à Esquerda: a arma não faz nada sozinha ou em consequência de seus componentes materiais. A arma é urna ferramenta, um meio, um veículo neutro à vontade humana¹⁵. (LATOUR, 2001, p. 204)

¹⁵ LATOUR, Bruno. *A Esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru, SP: EDUSC, 2001. p. 204.

Nesse trecho percebemos, em outros termos, a separação entre instrumentalistas e deterministas em um debate atual e controverso. A NRA apresenta uma perspectiva instrumentalista ao considerar que as armas são ferramentas, tão somente, e que não influenciam em nada nas taxas de homicídios e na criminalidade. Por outro lado, temos um argumento determinista, que vai na direção contrária: a existência das armas gera, de algum modo, um aumento nas taxas de homicídio. Afinal, elas foram criadas para serem usadas e sua existência atua sobre seus portadores de modo a desviá-los da conduta que adotariam se não estivessem armados. Contudo, trata-se de uma perspectiva determinista – que considera a tecnologia como protagonista da ação.

Sob esse ponto, precisamos reter nossa atenção: ambas as perspectivas conferem papéis diferenciados ao usuário e à tecnologia. Essa diferença será útil para entender o caso que narraremos no próximo capítulo. Nesse momento, cientes da discussão sobre diferentes perspectivas sobre o que é a tecnologia, nos voltaremos para os estudos da ergonomia relacionados ao processo de desenvolvimento dessas tecnologias.

3.2 A cristalização no processo de projeto:

Após as considerações sobre o determinismo tecnológico, que permearão a presente discussão, inclusive nesta seção, dirigiremos o olhar para as preocupações da ergonomia sobre a atividade de projetar e como se dá a relação entre usuários e projetistas. Um dos fatores a serem examinados é o modo como cada um dos grupos envolvidos, a saber, Projetistas alemães, Operadores brasileiros e Projetistas canadenses, possuía um “mundo” (BÉGUIN, 2008)¹⁶ próprio no qual diferentes modos de percepção sobre o projeto do Forno redutor estavam alicerçados. Tais diferenças explicam não somente quais pressupostos sobre a operação e sobre a planta industrial brasileira conduziram os Projetistas alemães a criarem o Forno original da maneira como criaram, como também explicam as mudanças posteriores em seu projeto e as discordâncias entre Projetistas canadenses e Operadores brasileiros que serão analisadas adiante. Assim Pascal Béguin define o conceito de “mundo”:

¹⁶ A noção de “mundo” é análoga ao conceito de “estilo de pensamento” de Ludwik Fleck e de “Formas de vida”, de Wittgenstein, que veremos adiante, na seção “A noção de prática”.

Somos tentados aqui a definir o 'ponto de vista' como um 'mundo', isto é, como uma maneira de apreender uma situação (o que não é nem inteiramente objetivo, nem inteiramente subjetivo), cuja função é organizar conceitualmente a realidade e orientar a ação. A noção de mundo, que sugere que existem diferentes mundos possíveis e aceitáveis para a compreensão da mesma situação de ação (Goodman, 1978), tem sido amplamente examinada na literatura, por vezes, de várias formas. No design, é mais frequentemente empregada para explicar as "características" sociais e cognitivas de um determinado especialista (por exemplo, um engenheiro de métodos). Bucciarelli (1994) mostrou, por exemplo, que dois projetistas confrontados com o mesmo artefato irão mobilizar diferentes 'mundos objeto'. Cada um utiliza um jargão, conceitos e até mesmo valores, todos conectados em um sistema que faz com que o objeto assuma diferentes formas. Esta abordagem é interessante na medida em que mostra que os fundos conceituais, axiológicos e praxeológicos de um ator no processo de projetar formam um sistema com o objeto que está especificando ou em desenvolvimento. Mas os diferentes 'mundos' não podem ser deixados em um estado desconexo. A necessidade dessas diferenças deve ser articulada, para promover o estabelecimento de um "mundo comum". (BÉGUIN, 2007, p. 159) (tradução nossa)

O conceito de “mundo” é utilizado também por outros pesquisadores, tais como Piore (1994), Garrigou (1995), Daniellou (2005), dentre outros, para denominar diferentes modos de percepção que orientam a ação de representantes de práticas distintas. Nota-se, na definição de Béguin, a preocupação em compreender o modo como mundos diferentes – por exemplo o mundo dos Projetistas e dos usuários – podem ser articulados em um “mundo comum” na atividade de projeto, com o objetivo de construir um artefato tecnológico que atenda as necessidades de seus usuários. A complexidade desse processo de articulação não pode, contudo, ser ignorada. No início desse capítulo, apontamos para as questões históricas e culturais que se interpõem na relação entre usuários e projetistas. Contudo, a ergonomia identificou questões específicas nessa relação que devem ser analisadas. Para tratar delas, apresentaremos as bases teóricas de pesquisas que se focaram em analisar o “mundo” de operadores e projetistas e, assim, perceber o que estava na base de suas ações e de suas percepções sobre um mesmo objeto tecnológico. Inicialmente, apresentamos o conceito de “cristalização” (BÉGUIN, 2007), que se relaciona ao processo de projetar:

A ideia principal é que qualquer sistema técnico, qualquer dispositivo, cristaliza um conhecimento, uma representação, ou um modelo dos trabalhadores e da sua atividade. No entanto, uma vez cristalizadas ou embutidas no artefato e transmitidas no ambiente de trabalho, essas representações podem ser fontes de dificuldades (até mesmo de exclusão) para as pessoas [os usuários], se elas são falsas ou insuficientes. Projetar uma escada para chegar a andares superiores em um edifício repousa sobre a representação de trabalhadores válidos, que, uma vez cristalizada no

artefato, é imposta a todos. Com o risco de excluir pessoas em uma cadeira de rodas: eles não serão capazes de chegar aos andares superiores. (BÉGUIN, 2007, p.116) (tradução nossa)

A atividade de projeto é uma atividade cultural. Os projetistas – que são atores sociais, pertencentes a uma determinada cultura, sendo produtos de seus respectivos contextos históricos – ao criarem uma tecnologia, estão embutindo ali seus valores e suas visões de mundo. Não somente estão imprimindo no artefato seus estilos pessoais mas também suas próprias histórias, suas experiências vividas. Um artefato é, portanto, produto de um determinado contexto histórico. Um produto de seu tempo. Assim sendo, durante sua concepção, os projetistas também imprimem o pré-conceito que eles possuem sobre o *futuro usuário* de seu artefato. Esse pré-conceito carrega em si pressupostos variados sobre seu usuário: como é sua saúde, como é o seu corpo, como é seu modo de pensar, como é seu modo de trabalhar e como é a situação na qual o artefato será utilizado. Segundo Béguin, os sistemas técnicos são uma cristalização de todos esses valores em conjunto, tanto relacionados à realidade interna de seus projetistas como relacionados ao conceito que eles possuem sobre os futuros usuários de seus sistemas. O projetista possui, nas palavras do autor, um “modelo dos trabalhadores e de sua atividade”. Nesse sentido, há uma atribuição de “papéis”, baseada em um “modelo do usuário”. Um código técnico incorporado à tecnologia cujo funcionamento exige certas ações e também demanda a exclusão de outras. Os manuais de aparelhos tecnológicos contêm bons exemplos dessas “instruções de uso”. O “modelo” de usuário está, portanto, cristalizado na tecnologia.

A noção de artefato como cristalização e como um produto ligado ao seu contexto histórico nos auxilia a perceber os desafios envolvidos na atividade de projetar: é possível ocorrer uma incongruência entre o uso – e suas condições – pressupostos pelo projetista e as condições nas quais o uso se dá concretamente. O usuário e o cenário pressupostos podem ser incompatíveis com os usuários e o cenário reais. Muitos autores, ao discutirem metodologias e abordagens de projeto de tecnologias industriais, identificaram grandes distâncias entre aquilo que é projetado e o seu uso efetivo na prática operacional. Projetistas e Operadores muitas vezes têm visões muito distintas sobre o modo como uma determinada tecnologia funciona. Segundo o autor:

É possível generalizar: um sistema técnico incorpora e transmite inúmeras escolhas feitas pelos projetistas. Escolhas profissionais sobre a atividade de trabalho, mas também escolhas sociais e políticas (ver, por exemplo

Freysenet, 1990). Essas escolhas são feitas frequentemente através da falta de conhecimento sobre a atividade de trabalho e sobre como o trabalho é realizado. Em outros casos, [os projetistas] buscam orientar as práticas de trabalho, mas sem ter obtido os meios para validar ou invalidar essas escolhas no ambiente de trabalho. (BÉGUIN, 2007, 116) (tradução nossa).

O conceito pressuposto de usuário carrega, em si, também um conceito pré-concebido sobre sua atividade. O projetista cria um artefato *para alguém* que ele supõe trabalhar de *determinada maneira*. Desse modo, uma tecnologia tem, impressa em seu projeto, uma pressuposição da atividade de seus usuários. Contudo, a atividade do trabalhador – alvo de pesquisas ergonômicas há décadas – é complexa e escapa a qualquer tentativa de antecipação e de padronização total. Há uma grande distância entre o que se pressupõe ser a atividade – ou seja, a “atividade prescrita” e padronizada pela linguagem – e a atividade “verdadeira”, ou seja, a atividade que ocorre concretamente. A diferença entre “atividade prescrita” e a “real” foi muito bem explicada por Alain Wisner na seguinte passagem:

Faverge, um dos fundadores da ergonomia francesa, publicou em 1956, com Ombredane, *L'analyse du travail (A análise do trabalho)*, onde demonstra que os trabalhadores realizam uma atividade por vezes muito diferente da que lhes foi prescrita. Os comportamentos desses operadores correspondem a exigências da tarefa ignoradas pelos criadores (não pode ser consultado um contador mal localizado e é negligenciado a favor de avisos sonoros informais), a condições imprevistas (calor, iluminação, velocidade), a características individuais não previstas (deficiências físicas ou sensoriais, dimensões corporais maiores ou menores do que as de um trabalhador médio). (...).

A prática da análise do trabalho ergonômico põe um termo à ficção do trabalho prescrito e desvenda a área mental frequentemente tão vasta que separa trabalho real e trabalho prescrito, área essa cuja extensão e natureza variam mais ainda, para uma mesma tecnologia, nos países importadores do que no próprio país de origem. (WISNER, 1999, p. 17)

O que Wisner nos aponta é para a impossibilidade de padronização, a priori, da atividade de trabalho¹⁷. Ela escapa às tentativas de síntese durante a cristalização e, por esse motivo, há um “abismo” inevitável entre a atividade que um projetista concebe para seu futuro usuário e a atividade que esse usuário de fato realizará. Como nos diz Béguin:

¹⁷ Para mais detalhes sobre a dicotomia “trabalho prescrito/ trabalho real”, ver: DANIELLOU, F.; LAVILLE, A.; TEIGER, C., 1989.

Existe um fosso intransponível entre uma atividade definida durante o projeto e uma atividade realizada de fato em situação. A atividade é impulsionada pelas situações concretas que existem em qualquer momento e é constantemente alterada. Em situações de trabalho, os trabalhadores encontram situações e oposições imprevistas ligadas a "variabilidade industrial" - por exemplo, desregulamentação sistemática de ferramentas, a instabilidade da matéria a ser transformada, etc. -, e pela variação de seu próprio estado - por exemplo, devido ao cansaço - (...). Assim, as tarefas e pessoas variam com o tempo, e estas variações devem ser levadas em conta. Suchman usou o termo "ação situada" para generalizar este aspecto. Seja qual for o esforço colocado em planejamento (concepção), o desempenho da ação não pode ser a mera execução de um plano de ação que a antecipa totalmente. Deve-se ajustar às circunstâncias e lidar com as contingências da situação, agindo no momento certo e aproveitando as oportunidades favoráveis (BÉGUIN, 2007, 117) (tradução nossa)

A natureza "espontânea" e situada da atividade inviabiliza uma antecipação total da apropriação que o usuário faz de um artefato tecnológico. Tal aspecto do processo de projeto estará sempre deficitário, pois não se pode prever, com total sucesso, o modo como um usuário irá utilizar uma tecnologia. Assim Ferreira e Lima (2005) articularam a questão:

À medida que um indivíduo vai-se tornando especialista em uma área, não age mais a partir de regras claras e pensamento deliberado: durante sua ação, na maior parte do tempo, ele se orienta pela intuição. Intuição é diferente de recordar experiências da infância ou qualquer processo inconsciente, está relacionado ao agir em dadas circunstâncias, sem recorrer a um pensamento consciente e sistemático, adquirido a partir do acúmulo de vivências anteriores (DREYFUS & DREYFUS, 1986; WATERMAN, 1986). Assim, é pouco eficiente, na aquisição de saber, solicitar que o especialista formule, ele próprio, as regras e os métodos de resolução de problemas. A tendência do especialista é relatar suas conclusões e razões em termos gerais, como se adotasse procedimentos simples. (FERREIRA, R. B.; LIMA, F. P. A., 2005.p.5)

A previsão do uso que um usuário experiente fará de um sistema tecnológico é, portanto, impossível de ser feita com 100% de acerto. Além disso, como nos lembra Béguin, além do próprio usuário, há também de se levar em consideração que o artefato, no caso, por exemplo, de uma tecnologia industrial, não funcionará sozinho, mas dentro de uma rede na qual coexistem outras tecnologias. Durante a atividade de trabalho, os usuários também enfrentarão uma gama de fontes de "variabilidade industrial" (BÉGUIN, 2007, p. 117), que podem estar relacionadas a problemas de funcionamento ligados às demais tecnologias de

uma planta industrial e que podem impactar diretamente a eficiência de uma tecnologia específica dentro de uma linha sequencial de produção.

Sendo assim, a tecnologia projetada será somente um dos vários componentes de uma complexa rede “sócio-técnica”, que é composta por humanos, máquinas, sistemas, etc. Nessa rede, o artefato estará funcionando em relação com outras tecnologias, construídas por outros grupos humanos de, no nosso caso, até mesmo nacionalidades diferentes. Portanto, toda cristalização – ou seja – toda (pré)concepção na qual uma tecnologia está baseada, possui não somente uma imagem pressuposta de seus usuários, como também uma imagem pressuposta das outras tecnologias que funcionarão no mesmo espaço. Como nos lembra Wisner:

Toda máquina é cultural. Toda pessoa ou grupo de pessoas que concebe um sistema técnico o faz levando em consideração um uso que se fará, em condições e por pessoas que ele imagina ou crê conhecer. (...) Note-se que não se trata de cultura abstrata, mas da representação de um conjunto de dados humanos e materiais (...). (WISNER, 1992. p. 29-30).

Nesse sentido, entendemos, que todo artefato é criado com uma concepção¹⁸ referente a:

1. Seus usuários: pressuposto que está ligado a um tipo ideal de trabalhador e também a uma idealização de sua atividade;
2. Sua rede tecnológica: pressuposto que está relacionado ao funcionamento e ao desempenho das outras tecnologias com as quais o artefato funcionará.

Ocorre, como mencionamos, uma “atribuição de papéis” feita pelos projetistas: tanto uma atribuição de papel em relação às outras tecnológicas que funcionarão conjuntamente com o artefato projetado, como, também, uma atribuição de papel com relação ao usuário. Assim, devido às dificuldades em prever tanto as ações futuras dos usuários como o impacto de outras tecnologias no funcionamento de um artefato tecnológico específico, existem críticas sobre o modelo de projeto “descendente”. Sobre esse tema, os autores Ferreira e Lima (2005) comentaram:

¹⁸ Não entendemos, contudo, que esses sejam os únicos fatores possíveis. Outros tantos fatores também estão pressupostos como, por exemplo, as condições climáticas do local no qual o artefato será utilizado; a organização do trabalho; a rede de assistência técnica; o acesso a suprimentos, dentre outros. Contudo, tais fatores não terão relevância para a análise do nosso caso e, portanto, não serão considerados.

Os métodos tradicionais de engenharia possuem em comum o fato de serem um processo descendente (*top-down*), que parte de uma lista de requisitos ou do «conceito» de um produto, progressivamente concretizado ao longo do processo de desenvolvimento do produto (PDP). Isso torna o PDP, predominantemente, sequencial e linear. Mesmo os reajustes, nos momentos de iteração e de avaliação, são correções de percurso em função de um objetivo pré-determinado, não influenciando de modo significativo o escopo inicial. A distância entre o produto oferecido e as necessidades reais dos clientes e usuários, verificada na prática, coloca em questão a eficácia desse processo sequencial. (FERREIRA, R. B.; LIMA, F. P. A., 2005.p.2).

Em suma, o processo descendente, por não considerar ou consultar operadores, pode não resultar em um produto final que seja adequado à realidade de uso pelos seus usuários. Por esse motivo, muitos pesquisadores (PIORE 1994, GARRIGOU 1995; DANIELLOU 2005; FERREIRA, R.; LIMA, F., 2005; BÉGUIN, 2006) vêm, de um lado, apontando que métodos de projetar que não incluem o usuário em seu processo – ou o incluem apenas parcialmente – podem ser ineficazes, e sugerindo, por outro lado, abordagens mais “participativas”. Segundo Béguin:

Dizer que a antecipação (ou um plano) não permite que se especifique "interações locais" não significa que esse plano é inútil. Ele orienta e ajuda a encontrar o melhor posicionamento. Essa ideia também é destacada por Vicente (1999). Por um lado, é impossível antecipar integralmente a atividade: é preciso, portanto, deixar aos trabalhadores a possibilidade de se adaptar às circunstâncias locais, "dando aos trabalhadores a possibilidade de terminar o projeto" (BÉGUIN, 2009. p. 118). (tradução nossa)

Como não se pode prever a atividade em toda sua complexidade e nem conhecer, de antemão, o funcionamento de todas as outras tecnológicas que farão parte da rede “sócio-técnica” de funcionamento de uma linha produtiva, é possível supor que a sincronia entre todos esses elementos não aconteça de modo perfeito e imediato. Contudo, os únicos elementos “flexíveis” e adaptáveis dessa rede são os próprios usuários, pois as tecnologias não podem se transformar por vontade própria. Portanto, caberá aos usuários fazer ajustes e a manutenção em todas as máquinas para que elas de fato funcionem no contexto no qual foram inseridas. Nesse sentido, os usuários podem ser também considerados como co-autores das tecnologias que utilizam pois, sem eles, elas não funcionariam sozinhas, mesmo que tenham sido projetadas para isso. Os ajustes em campo são necessários para o

estabelecimento efetivo de uma rede “sócio-técnica” funcional. Por esse motivo, muitos ergonomistas têm proposto metodologias que tornam o processo de projeto mais simétrico e dialógico, ao invés de assumir uma forma “descendente” (DUARTE, 2000) e, de certa forma, “totalitária”. Por outro lado, adotar uma postura mais igualitária, na qual o usuário também participa da tomada de decisões sobre o projeto, não é uma tarefa simples. Nada pode garantir que a interação entre usuários e projetistas será de fato proveitosa, dado que se trata de grupos com percepções e com práticas muito diferentes. Em função dos desafios existentes na tentativa de articular usuários e projetistas em uma atividade de projeto conjunta, analisaremos, a seguir, estudos que se dedicaram a analisar processos de design participativo.

3.3 Design Participativo: o aprendizado mútuo e as versões intermediárias do projeto

Um bom exemplo de uma abordagem de design participativo foi estudado por Pascal Béguin, na obra *Risky Work Environments* (2009). O ergonomista acompanhou o desenvolvimento de um sistema de alarmes cuja função seria alertar operários no caso de vazamentos químicos em uma planta industrial. Ao acompanhar o processo de desenvolvimento do alarme, Béguin identificou uma incompatibilidade entre o uso pressuposto pelos projetistas e o uso que ocorria durante a prática operacional. Não somente isso, identificou também que projetistas e usuários tinham expectativas distintas sobre o alarme e sobre o que ele deveria fazer. Desse modo, o autor identificou dois “mundos” distintos, o “mundo frio” – que denominava o modo pelo qual os operadores trabalhavam, suas concepções e seu modo de utilizar o alarme – e o “mundo quente” – que por sua vez denominava a concepção dos projetistas sobre a operação da planta, sobre o trabalho dos operadores e sobre a função do alarme¹⁹. O caso estudado por Béguin assinala as diferenças marcantes de perspectivas entre projetistas e usuários embora, simultaneamente, também tenha demonstrado que tais perspectivas podem ser compreendidas e articuladas entre si.

¹⁹ Não traremos, aqui, uma explicação detalhada sobre as especificidades desse caso. Ele nos é importante porque auxilia na compreensão do caso empírico estudado, e também serve de guia para nossa própria investigação, considerando que também foi possível identificar “mundos” distintos em cada versão do projeto do Forno redutor, como será visto adiante. Para maiores detalhes sobre o estudo do alarme, ver BÉGUIN (2008).

Nesse sentido, ao se promover um design participativo, espera-se também que ocorra um aprendizado mútuo entre os representantes das práticas projetual e operacional. Como ele nos diz:

A aprendizagem mútua entre usuários e projetistas é importante no projeto participativo (ver, por exemplo, Bjerknæs e Bratteteig 1987; Bodker e Gronbæk 1996; Trigg, 1991), mas muitas obras argumentam que alcançar a aprendizagem mútua entre os usuários e projetistas é uma tarefa difícil. Bodker e Gronbæk (1996) salientam que a ação conjunta entre usuários e projetistas é muitas vezes vista como a criação de uma nova atividade compartilhada, que é diferente daquela dos projetistas e da dos usuários. A abordagem de "projeto cooperativo" (Kyg 1995) visa estabelecer um processo de concepção em que usuários e projetistas estão participando ativamente e de forma criativa, com base em suas diferentes qualificações. Na criação cooperativa de protótipos, a multiplicidade de atividades (em vez de uma única atividade compartilhada) implementadas em torno de um protótipo constitui um lugar onde o futuro artefato e seu uso serão desenvolvidos. Nós compartilhamos este ponto de vista: que o projeto seja alcançado por atores separadamente, num processo durante o qual a aprendizagem mútua é obtida com base nas qualificações e diferentes expertises dos atores. (BÉGUIN, 2009,p. 159)(tradução nossa)

A “aprendizagem mútua” decorre da articulação bem sucedida entre usuários e projetistas na criação de uma tecnologia. Em decorrência desse processo de aprendizagem, é possível que um projeto possua várias versões intermediárias, incluindo protótipos que foram testados, discutidos e avaliados conjuntamente por projetistas e usuários e alterados, de maneira interativa, até uma versão final. O caso empírico que analisamos pode ser entendido como um bom exemplo dessa aprendizagem, como veremos nos capítulos posteriores.

Contudo, não existem garantias de que projetistas e usuários irão, de fato, contribuir conjuntamente para o desenvolvimento de um projeto. Como muitos autores mostram, são várias as dificuldades encontradas para criar uma articulação entre operadores e projetistas:

1. Diferenças sociais entre aqueles com um trabalho considerado mais abstrato, como Projetistas, Gerentes e Engenheiros, e aqueles com um trabalho manual (GARRIGOU, 1995).
2. Operadores considerando que a integração com os projetistas era uma forma de exploração – promovida pela empresa, que seria a única beneficiada – e, portanto, não se sentindo incentivados a contribuir para o projeto (FUCHS-KITTOWSKI e WENZLAFF, 1987);

3. Recusa ideológica de participar e disputas de poder entre gerentes e operadores, que travaram o acesso e a fluidez das conversas e do fluxo de informações (FUCHS-KITTOWSKI e WINZLAFF, 1987);
4. Estruturas de participação que produziram dificuldades na obtenção de dados confiáveis sobre a operação dos equipamentos projetados (NEUMAN, 1989; HEDMAN, 1990; MARTENSEN, 1985; WILSON, 1991);
5. Problemas relacionados especificamente a indivíduos que participaram mas que não estavam motivados ou não possuíam expertise suficiente para participar (REUTER, 1987; LEPPÄNEN, 1991; CORBETT, 1990).

As dificuldades existentes em promover um trabalho conjunto entre grupos diferentes decorrem, também, pelo simples fato de que existe um desafio evidente em conciliar pessoas cuja percepção e cuja expertise apontam, às vezes, para conclusões opostas, como pode ser o caso de operadores e projetistas. Não podemos esquecer, a propósito, de salientar a natureza social daquilo que consideramos por “conhecimento” e que é responsável por criar uma barreira social, linguística, perceptual e científica entre grupos diferentes. Para melhor compreender esse ponto, trataremos a seguir do modo como adotaremos, nesse estudo, a noção de “conhecimento” e de “prática”, e analisaremos as dificuldades da interação entre representantes de práticas distintas.

3.4 A natureza social do “conhecimento”

Ao longo deste estudo, iremos nos referir as noções de “conhecimento” e de “prática” frequentemente. Faz-se necessário, portanto, apresentar o que queremos dizer com esses conceitos. Inicialmente, discutiremos o posicionamento que adotamos em relação ao que consideramos ser a “raiz” daquilo que comumente se denomina como “conhecimento”.

Visando compreender o modo de pensar de cada grupo através do processo de observação de discussões propiciadas pelo reprojeto, o trabalho também se apoia nos estudos do *Empirical Program of Relativism* (EPOR) proposto, dentre outros nomes, pelo sociólogo Harry Collins (2011). Embora pouco mencionado no estudo, o alinhamento ao EPOR se dá pela preocupação de dedicar atenção maior à experiência e à expertise dos atores envolvidos no debate do reprojeto. Essa preocupação em entender não somente o papel mediador dos objetos técnicos nas discussões, mas também em buscar a base que explica as diferentes percepções de cada grupo sobre esse mesmo objeto, vem do enfoque de Collins e do EPOR na

experiência. O objetivo é entender a razão – baseada na experiência – que sustenta as diferentes percepções de cada ator. A percepção de um ator ou grupo específico sobre um objeto é reveladora de seu lugar histórico, cultural, contextual. Entendemos, com isso, que o que se considera comumente como “conhecimento” se trata, na verdade, de percepções que foram adquiridas socialmente, culturalmente, historicamente através de experiências vividas em um determinado grupo, que possui uma determinada prática. O “conhecimento”, neste estudo, é um produto social e histórico. Analisaremos o tema mais detalhadamente ao definirmos nosso conceito de prática. Contudo, a questão, nesse momento, é traçar a ligação entre a percepção humana e a experiência vivida, pois a primeira é gerada pela segunda.

A busca pela experiência que embasa uma percepção é a busca pela historicidade da percepção. Collins discute, na passagem transcrita a seguir, essa preocupação em compreender como o modo de percepção de cientistas e experts pode ser cristalizado e sofrer um processo de ocultamento de sua historicidade:

Nossas percepções comuns, como sugeri em trabalhos anteriores (Collins, 1975), são como navios em garrafas. Os navios, nossas porções de conhecimento sobre o mundo, parecem tão firmemente alojados nas suas garrafas de validade, que é difícil conceber que eles poderiam algum dia sair de lá ou que algum truque habilidoso foi necessário para colocá-los lá. Nosso mundo é cheio de navios já alojados dentro de suas garrafas, e somente raros indivíduos conseguem vislumbrar a arte do artesão de navios em garrafas. A ciência, mais do que qualquer outra atividade cultural, tem a função de colocar navios novos em garrafas novas – isto é, tem a função de construir novas porções de conhecimento. (COLLINS, 2011, p. 2)

Ao nos alinharmos epistemologicamente com o EPOR assumimos o cuidado de examinar as raízes de uma avaliação técnica com atenção especial à expertise e experiência de seus autores. O objetivo é, portanto, acompanhar o processo no qual os navios do conhecimento são colocados nas garrafas: momentos nos quais o intenso debate entre diferentes atores acontece e no qual os níveis de certeza são baixos, pois não se sabe, de antemão, aquilo que será considerado socialmente como a “resposta certa” no futuro²⁰. Tais navios, por sua vez, são oriundos da formação cultural de um ator social e dos grupos dos quais ele faz parte.

²⁰ Para ver uma obra que trata especificamente sobre o conflito de grupos com posicionamentos e percepções distintas, ver Thomas Kuhn, (1998). Nessa obra, o autor descreve os processos de conflito entre diferentes grupos e perspectivas, as quais ele denomina “Paradigmas”, e analisa as implicações desses conflitos, nos quais um grupo acaba por suplantar o outro e, assim, de provocar uma revolução científica.

Além disso, ao examinar de perto a experiência dos envolvidos, desenvolvemos categorias para diferenciá-las e, com isso, melhor compreender o modo de percepção dos grupos envolvidos em relação ao objeto técnico em questão. Nesse sentido, assim como a EPOR, somos também herdeiros do “Programa Forte” de David Bloor. Uma das noções centrais de Bloor para estudos sociológicos era o “princípio da simetria” (2009, p. 21), no qual se recomenda que o pesquisador trate com igual cuidado discursos diversos em relação ao mesmo objeto, evitando assim tomar um partido específico e tentar eleger “heróis” e “vilões” em algum caso estudado. Neste trabalho, a influência desse princípio estará presente em todo o percurso. Colocaremos em simetria as experiências, discursos e percepções de representantes das práticas operacional e projetual. Por essa razão iremos, a seguir, dar contornos mais definidos sobre o que consideramos como “prática”, relacionando esse conceito ao conceito de “conhecimento” que também delimitamos brevemente.

3.5 A noção de prática

O fio condutor desta análise repousa na noção de “prática”. A definição de prática adotada aqui é semelhante às noções de “formas de vida” (WITTGENSTEIN, 1976) e de “estilo de pensamento” (FLECK, 2010). Para Wittgenstein, formas de vida são grupos sociais nos quais há um conjunto de modos de agir e de linguagens comuns. A linguagem não se distancia da práxis, faz parte dela, e ambas se reforçam mutuamente na filosofia wittgensteiniana. Fleck, por sua vez, assim descreveu o conceito de estilo de pensamento:

A percepção da forma (Gestaltsehen) imediata exige experiência (Erfahrensein) numa determinada área do pensamento: somente após muitas vivências, talvez após uma formação prévia, adquire-se a capacidade de perceber, de maneira imediata, um sentido, uma forma e uma unidade fechada. Evidentemente, perde-se, ao mesmo tempo, a capacidade de ver aquilo que contradiz a forma (Gestalt). Mas essa disposição à percepção direcionada é a parte mais importante do estilo de pensamento. Sendo assim, a percepção da forma é uma questão que pertence marcadamente ao estilo de pensamento. (Fleck, 2010. p. 142)

A noção de prática que aqui adotamos se fundamenta em ambas as fontes. Nosso enfoque privilegiará o aspecto pragmático, relacionado ao fazer no dia a dia da práxis social. A

convergência entre as posições de Wittgenstein e Fleck quanto a essa questão é apontada e esclarecida por Condé (2012), como se pode ver na seguinte passagem:

[...] ao se posicionarem de modo contrário à epistemologia do neopositivismo até então vigente (e da racionalidade ocidental, em um sentido mais amplo), Fleck e o segundo Wittgenstein, ainda que por caminhos completamente diferentes, acabaram por constituir um pensamento semelhante. Os dois desenvolveram, de forma independente e autônoma, uma concepção sistêmica de conhecimento baseada em uma perspectiva social e pragmática, que se posiciona de modo radicalmente crítico contra todo e qualquer empirismo, essencialismo (fundacionalismo), formalismo (logicismo), dualismos como materialismo versus idealismo, etc. (CONDÉ, 2012. p. 83)

Nossa interpretação implica entender que o modo de percepção do mundo – incluindo aí a visão técnico-científica – adquirida por um indivíduo provém: a) da socialização no grupo no qual ele está imerso; b) da experiência vivida nas atividades realizadas por esse grupo. Por esse motivo, nossa noção de “prática” e de “conhecimento” se completam, pois estão, em nossa perspectiva, conectadas. As práticas e léxicos adotados por um grupo específico conferem a um indivíduo uma forma determinada de ver o mundo e perceber certos objetos. Desse modo, considerando que tais práticas e a aquisição de tal percepção – processos esses entendidos comumente como “aquisição de um conhecimento” – são processos inerentemente sociais, os indivíduos, neste estudo, serão entendidos como representantes de um grupo que mantém um conjunto específico de linguagens, de modos de atuação e de entendimentos²¹.

Muitos debates acerca dessa questão têm sido realizados na literatura. Ao contrário da posição que defendemos, há autores que postulam uma visão racionalista sobre a prática, entendendo que a ação e a atividade são primeiramente formuladas através do pensamento teórico-abstrato para, então, serem concretizadas. Nessa “visão cognitivista”, a prática é entendida como a aplicação de uma teoria, de um conceito ou de uma abstração.

Em contraposição a “visão cognitivista”, uma boa definição que sustenta a noção de prática adotada neste estudo foi proposta pela antropóloga Lucy Suchman (1987), que

²¹ Apesar da natureza social do conhecimento, seria equívoco entender que todos os membros de um grupo percebem e agem exatamente do mesmo modo. Existem divergências internas no âmago de qualquer comunidade, seja a científica, seja qualquer outra. No entanto, as divergências se dão a partir dos modos específicos de percepção de certos objetos, ou seja: mesmo existindo divergências internas, elas estão também relacionadas às práticas e léxicos daquela comunidade.

elaborou o conceito de *ação situada*. Para Suchman, a ação se dá dentro de um determinado contexto, em situação. O papel dos planejamentos e da formalização não é, como se considera usualmente, o de produzir a ação. As ações não nascem de planejamentos perfeitos, tal qual foram concebidas anteriormente ao seu acontecimento. Os planos servem muito mais como guias para a ação do que como seus verdadeiros formuladores: a situação, a análise do contexto e a experiência seriam os verdadeiros motores da ação. Assim a autora define o conceito:

Para designar a alternativa que sugere a etnometodologia (mais uma reformulação do problema da ação proposital e um programa de pesquisa do que uma teoria alternativa), introduzi o termo *ação situada*. Esse termo ressalta a visão de que cada curso de ação depende de forma essencial de suas circunstâncias materiais e sociais. Ao invés de tentar abstrair a ação para longe de suas circunstâncias e representá-la como um plano racional, a abordagem é estudar como as pessoas usam suas circunstâncias para conseguir uma ação inteligente. Ao invés de construir uma teoria da ação de uma teoria do planejamento, o objetivo é investigar como as pessoas produzem e encontram evidências de planos no curso da ação situada. De modo mais geral, ao invés de subsumir os detalhes de ação no âmbito do estudo de planos, os planos são subsumidos pelo problema maior da ação situada. [...]

A visão etnometodológica de ação proposital e compreensão compartilhada está delineada (...) sob cinco proposições: (1) os planos são representações de ações situadas; (2) no curso da ação situada, ocorre representação quando a atividade, até então transparente, torna-se, de algum modo, problemática; (3) a objetividade das situações de nossa ação é alcançada, e não, dada; ; (4) um recurso central para alcançar a objetividade das situações é a linguagem, que tem uma relação intrínseca com as circunstâncias que pressupõe, produz, e descreve; (5) como uma consequência da ligação intrínseca da linguagem com o seu contexto de produção, a inteligibilidade mútua é alcançada em cada ocasião de interação com referência à situação particular, ao invés de ser descarregada de uma vez por todas por um corpo estável de significados compartilhados. (SUCHMAN, 1987. p. 69-71) (tradução nossa)

Aliamo-nos a Suchman no entendimento de que a ação se dá dentro da prática e em um contexto específico²². Por essa razão, consideramos as noções comumente associadas ao termo “conhecimento” insuficientes para nos referirmos ao que chamamos de “práticas”, pois, ao entender que a aquisição da percepção provém majoritariamente da experiência adquirida na ação, engajada constantemente em uma determinada atividade, nos afastamos de noções cognitivistas, racionalistas e individualistas do conhecimento, para nos aproximar de noções

²² Através da definição de “ação situada” também podemos compreender, com mais detalhes, as dificuldades existentes em tentar prever, sintetizar e padronizar a ação de *futuros usuários* durante o processo de projeto de um sistema tecnológico.

pragmáticas e sociológicas. O “conhecimento” será entendido, neste estudo, como a experiência vivida através de inúmeras situações diferentes, nas quais um ator social enculturado adquiriu um certo modo de percepção da forma (FLECK, 2010) após agir e receber uma formação – adquirida através do engajamento constante – dentro de um determinado contexto, circunscrito em uma prática social específica.

Portanto, para que um novato se torne um expert, ele precisa não somente fazer parte de um determinado grupo: é necessário atuar “em campo” constantemente, vivenciar situações previstas e imprevistas, conviver com outros profissionais, observar e falar sobre seu trabalho. Todas essas atividades, em conjunto, irão compor a sua experiência e passarão a integrar sua percepção. Outros termos, além de “prática”, poderiam não deixar claro o enfoque na experiência.

Desse modo, entendemos, com Ribeiro (2014), que a experiência vivida na prática de uma atividade é a base da percepção humana²³. Embora pareça uma constatação básica, ela traz muitas consequências. A questão central para nosso estudo não é discutir a natureza dessa percepção, mas sim como ela é adquirida. A diferença entre um expert e um leigo é, entre outras coisas, o que aparece como figura e como fundo para ambos. E tal separação do que é uma figura e do que deve ser colocado ao fundo só pode ser adquirida através da experiência na práxis de uma determinada atividade, seja ela medicina, engenharia, advocacia, etc. Portanto, quando consideramos um ator social como representante de uma determinada prática, estamos também dizendo que tal ator praticou extensivamente, em seu dia a dia, as atividades relacionadas àquela prática de modo que, após anos desse exercício, esse ator possui uma determinada maneira de agir, em função do grupo social no qual estava inserido. Mais do que isso, ele incorporou habilidades e modos de percepção que o fazem perceber situações e objetos de uma maneira específica, separando imediatamente o que é uma figura – por se tratar de um objeto relevante – e o que é fundo – por se tratar de um objeto irrelevante. Essa é a capacidade de realizar julgamentos de “similaridades e diferenças”, de “relevância e irrelevância”, de “risco e oportunidade” (RIBEIRO, 2012, p.7), que um ator se torna capaz de fazer após anos dedicados a uma dada prática, graças à discriminação entre figura e fundo.

²³ O termo “percepção” é uma referência aos trabalhos de Merleau-Ponty, especialmente na obra *Fenomenologia da Percepção* (1999). Para o autor, a base dessa concepção de percepção se constitui a partir das noções de “figura” e “fundo” (1999, p.21): segundo essa concepção, só é possível perceber determinado objeto quando ele se destaca de um fundo que se torna opaco. A percepção atua por, digamos, “saliências”.

Ciente da noção de prática utilizada neste estudo, o leitor poderia levantar uma questão: “em que consiste, especificamente, a “prática operacional”? E a “projetual”?”. Investiremos a seguir na construção dessa resposta.

3.6 A definição de prática operacional e de prática projetual

3.6.1 A prática operacional

No que consiste a prática operacional e o trabalho dos operadores? Nesta seção objetivaremos oferecer uma noção do que denominamos por “prática operacional”. Destacamos que falar em prática operacional como um conjunto único significa incorrer em uma generalização e em uma simplificação que precisam ser evitadas. Aquilo que denominamos por prática operacional é composto por uma gama heterogênea de grupos com atividades de trabalho distintas. Dentro da Operação temos, por exemplo, os Forneiros, que realizam um trabalho manual: a extração de metal em forma líquida de dentro do Forno redutor. Temos Operadores de sala de controle e Supervisores, que têm atividades em campo intercaladas com horas no interior de uma sala de controle, nas quais operam o Forno através de computadores²⁴. Temos Engenheiros que, de acordo com suas respectivas formações e especialidades, auxiliam a tomada de decisões operacionais através de embasamento teórico e de cálculos. Temos a Manutenção, um grupo especializado no reparo e na preservação dos equipamentos da planta. Temos Gerentes, que, de acordo com suas experiências, precisam muitas vezes dar a palavra final sobre o modo como o Forno deve ser operado ou sobre uma estratégia para contornar um problema especialmente delicado. Portanto, trata-se de grupos com formações acadêmicas, origens geográficas e posições sociais distintas. De modo geral, muitos dos Forneiros e Operadores de sala de controle são oriundos da comunidade local, embora alguns dos mais experientes tenham sido contratados de outras plantas industriais. Os Supervisores vieram de localidades variadas, também por terem sido contratados de outras plantas. Os engenheiros²⁵ são predominantemente oriundos do sudeste brasileiro e, em sua totalidade, são funcionários com formação completa no ensino superior. A maioria dos Gerentes é brasileira, de diferentes estados, mas existem, também, gerentes de outros países no quadro organizacional da planta brasileira. A formação profissional desse grupo é bastante

²⁴ Forneiros, Operadores de sala de Controle, Supervisores e a Manutenção trabalham cotidianamente em proximidade física com o Forno. Engenheiros e Gestores não precisam, necessariamente, dessa proximidade: suas atividades estão relacionadas a questões mais abstratas.

²⁵ Esse dado se refere aos Engenheiros da “Redução”, ou seja, ligados à operação do Forno elétrico.

variada. Phillip, por exemplo, um dos principais atores desse estudo, possui um PhD em sua área de estudos. Considerando, essa heterogeneidade cultural e profissional, não se deve falar em somente uma prática operacional, mas em práticas operacionais, considerando também que cada um dos grupos citados executa atividades diferentes no processo de produção.

Portanto, ao usar o termo “prática operacional”, nos referimos ao contorno que pode enquadrá-los em uma mesma moldura. E tal contorno é: os membros da Operação podem ser considerados, em conjunto, como usuários do Forno e das tecnologias periféricas que funcionam em conjunto com ele. Entendê-los como usuários de uma tecnologia nos permite uni-los em sua multiplicidade e, ao mesmo tempo, criar uma diferenciação com os Projetistas, que desenvolvem o projeto dessas tecnologias.

Entendemos, portanto, que, para a Operação como um todo, o Forno é um instrumento de trabalho. Apesar da pluralidade de grupos que atuam na Operação, que se engajam em atividades diversas, pode-se dizer que todos eles compartilham do objetivo de usar o Forno elétrico como um instrumento para produzir. Os Projetistas, por sua vez, veem o Forno como uma criação a ser desenvolvida e melhorada. Isso coloca ambas as práticas em posicionamentos muito diferentes em relação ao mesmo objeto. Projetar e usar não são a mesma atividade e, portanto, geram perspectivas diferentes. Como veremos nos capítulos 4 e 5, ambos os grupos possuem percepções particulares sobre o Forno e, ao se engajarem em uma discussão técnica, as diferenças de perspectiva de cada grupo, ligadas às suas respectivas experiências vividas, tornaram-se visíveis. Definimos então, como um critério de demarcação e separação, que a prática operacional é constituída por usuários, e a prática projetual, desenvolvedores de tecnologia. O leitor, então, novamente se pergunta: “quem são os Projetistas e como trabalham?”. Analisaremos a questão a seguir.

3.6.2 A prática projetual

O que significa “prática projetual”? Bucciarelli assim resumiu essa prática, com a máxima “Projetar é uma atividade social” (1996, p.20). Contudo, o que essa assertiva quer dizer? Compreendemos, neste estudo, que a atividade de projetar não é uma atividade linear e puramente “científica”. Os projetistas não criam novas tecnologias simplesmente a partir de princípios teóricos oriundos da ciência. O contexto social e os grupos que contribuíram para a criação de uma determinada tecnologia têm um impacto determinante na forma final do

produto. Considerar quais grupos participaram do projeto, levando em conta suas origens, experiências vividas e “bagagens” culturais, é a forma que acreditamos ser a mais precisa para empreender uma análise cuidadosa sobre esse tipo de processo. Assim Bucciarelli elaborou a questão:

Não há uma ciência do processo de projeto no sentido que os próprios participantes entendem o termo. Isso não significa dizer que o processo seja irracional, que uma história coerente que faça sentido não possa ser desenvolvida e contada, ou que alguém, baseando-se nessa história, não possa inferir melhoramentos no processo. Significa dizer que para ser “científico” sobre o estudo do processo de projeto é preciso admitir a possibilidade de que o objeto – seja ele um princípio físico ou uma necessidade econômica – é apenas uma parte do quadro, e uma parte deveras confusa. Se quisermos entender o processo de projeto, nós precisamos nos manter sensíveis a toda amplitude e profundidade do contexto social e histórico. (BUCCIARELLI, 1996, p. 18) (tradução nossa)

Se o processo de projetar não é puramente uma aplicação de princípios teóricos e científicos, o que é, então? Garrigou define a realização de projetos como uma “confrontação de conhecimentos” (1995, p.314). Ao tratarmos de uma atividade coletiva, na qual muitas contribuições diferentes, e às vezes até mesmo conflitantes, serão feitas, poderemos compreender o aspecto de confrontação presente na prática projetual. Nosso estudo empírico parece nos dizer o mesmo que os estudos desses autores, a saber: que a prática projetual é uma prática fragmentada, na qual inúmeros profissionais, com especialidades diferentes, trarão contribuições para o projeto de acordo com suas respectivas expertises. Para além disso, consideramos que a atividade de projeto consiste na tessitura de uma complexa rede de negociações. Também a entendemos como essencialmente política, na qual decisões, cálculos, projeções e revisões estão amparadas por interesses individuais, por valores coletivos e pelo estabelecimento de alianças, de trocas, de concessões e também de imposições. É um processo inerentemente político, no qual as relações sociais de poder fazem parte do jogo. Como veremos no caso analisado, especificamente no capítulo 5, no momento em que operadores e projetistas foram colocados na mesma sala de reuniões para definir os aspectos técnicos de um projeto, compreendemos que a definição de Garrigou não poderia ser mais acurada: tratou-se, por excelência, de um processo de “confrontação” entre perspectivas diferentes. Tal confronto, no entanto, não pode ocorrer indefinidamente. Bucciarelli nos diz:

[...] o processo de projeto é um processo de atingir o consenso entre participantes com interesses diferentes [...]. Não há uma perspectiva primordial, um método, uma ciência ou uma técnica que possa controlar ou gerenciar o processo de projetar [...]. O processo é necessariamente social e requer que participantes negociem suas diferenças e construam significados através de trocas diretas, preferencialmente face a face. (BUCCIARRELLI, 1996, p.159) (tradução nossa)

Com isso, resumimos a prática projetual como uma prática com a qual muitos profissionais diferentes contribuem; que demanda negociações e, principalmente, necessita, minimamente, de um consenso entre seus diferentes participantes para ser concluída. Após a explicação sobre os conceitos de prática operacional e prática projetual adotados nesse estudo, pode-se perguntar: “e a relação entre ambas?”. A próxima seção irá tratar desse tema.

3.6.3 A relação entre as práticas operacional e projetual

Como se dá o diálogo entre representantes da prática operacional e da prática projetual em contextos de projeto participativo? Muitos ergonômistas (GARRIGOU, 1995; FERREIRA, R. e LIMA, F., 2005; BÉGUIN, 2008) têm percebido barreiras durante as tentativas de tornar a atividade de projeto mais participativa. Elas estão relacionados às diferenças específicas entre ambas as práticas operacional e projetual, o que torna o processo desafiador. Ferreira, R. e Lima F. (2005), ao acompanharem uma tentativa de articulação entre representantes de ambas as práticas, diagnosticaram o quadro como um “diálogo de surdos”, ao escrever:

Uma outra razão da dificuldade de explicitação do saber, que não foi analisada pela literatura técnica sobre a explicitação do saber, é a diferença de linguagem existente entre sujeitos pertencentes a «mundos» diferentes. O encontro entre essas diferentes linguagens produz verdadeiros “diálogos de surdos”, em que a informação produzida não tem relação alguma com a pergunta feita.[...] o programador, diante da resposta inadequada, para de perguntar ao operador como deveria ser a regra, e passa a lhe explicar como aconteceria a falha de comunicação na operação. Até esse momento, o programador utilizava a lógica formal com perguntas do tipo «se... então...». Esse tipo de pergunta é típico do diálogo entre os analistas de sistemas e os usuários. Os programadores comunicam-se com o operador segundo a lógica da automação, com perguntas abstratas e descontextualizadas. Não explicitam o saber dos operadores segundo a lógica de utilização ou de operação dos sistemas, para, depois, converter o saber prático em regras formais. Ao contrário, solicitavam do operador um esforço de abstração e

generalização do seu saber situado e específico, tarefa que deve ser do próprio analista. (FERREIRA, R. B.; LIMA, F. P. A., 2005.p.6-7)

A articulação entre “mundos” diferentes não se dá facilmente havendo, inclusive, barreiras linguísticas a serem transpostas. Como mencionamos, práticas possuem um modo determinado de percepção e também uma linguagem própria, o que impede uma comunicação fluida. Para se compreender a relação entre usuários e projetistas, entendemos ser necessário estabelecer um contraste entre ambos que lance luz sobre suas singularidades. Muito desse contraste foi estabelecido ao longo deste capítulo. Contudo, realçaremos esse contraste, entendendo que as duas práticas possuem diferenças a) relacionadas à natureza de suas atividades; b) relacionadas ao status social que cada uma tem em nossa cultura.

Para tratar brevemente do item “a”, entendemos que existem diferenças, por exemplo, entre o modo de resolução de problemas de ambas as práticas. Ferreira e Lima, na passagem acima, fornecem pistas nessa direção. Por esse motivo, entendemos, neste estudo, que quando um operador enfrenta um desafio no cotidiano operacional, sua maior preocupação parece ser encontrar uma resolução empírica. A própria instância de comprovação está na empiria. O que funcionar e auxiliar, de modo duradouro, à produção, pode ser considerado uma solução bem sucedida. Portanto, soluções “informais”, como adaptações, improvisações e as chamadas “gambiaras”, podem ser aceitas, desde que funcionem de modo seguro. Além disso, ao levar em conta o acompanhamento do cotidiano operacional realizado durante a coleta de dados desta pesquisa, através de uma imersão entre operadores, observamos que a discussão dos problemas operacionais se dava, efetivamente, sobre casos específicos e situados. Outra constatação curiosa: muitos operadores apresentavam preferências em relação a uma ou outra linha de produção, ao proferirem a máxima “Não existem dois Fornos Elétricos iguais no mundo”, referindo-se ao fato de que, mesmo lado a lado, o Forno 1 não funcionava, exatamente, como Forno 2. Nesse sentido, a solução de desafios se dá dentro de um contexto específico, pois os problemas e as soluções de um Forno não são iguais aos de outro. Sobre esses pontos, os Projetistas, por outro lado, parecem buscar comprovações “científicas”. Isso quer dizer que as soluções precisam ser depuradas em modelos matemáticos e gerais, não bastando uma explicação focalizada somente na especificidade e que não comporte uma generalização (FERREIRA, R. e LIMA, F. 2005). A resolução, nesse sentido, necessita ser formal, pois ela também precisa produzir um modelo de compreensão geral. Em função disso, entendemos que a natureza da resolução de problemas é diferente entre ambas as práticas. Se considerarmos que a atividade de projeto pode ser entendida, de certo modo, como a resolução de um problema, que produzirá um

artefato tecnológico como resultado, podemos entender o desafio decorrente de tentar articular dois grupos, em uma mesma atividade de projeto participativo, considerando métodos tão distintos de resolução de problemas entre ambos. Levando em conta o pragmatismo operacional, em contraste com a padronização matemática projetual, podemos voltar, com esses termos, à questão do “modelo de usuário” que projetistas têm pré-concebida ao criarem tecnologias e que, em função de tantas diferenças, pode estar em dissonância com seu usuário “real”. Assim Béguin resumiu todos esses pontos e acrescentou, ao explicar o conceito de “trabalho invisível”:

Precisamos ‘olhar para o trabalho invisível’ (Blomberg et al., 1996). Mas além de ser difícil de ver, nem todos os componentes de atividades com instrumentos estão diretamente verbalizáveis. Isto é particularmente verdadeiro para os regimes em nossa abordagem, que têm de ser entendida. Ação é conhecida por mobilizar um “conhecimento incorporado”, que é difícil de verbalizar (Leplat 2000). Esta dimensão também se aplica aos regimes que são apoiados por “conceitos operacionais” (Vergnaud 1996) ou “conceitos pragmáticos” (Samurçay e Pastre 1995) que não podem ser colocados em palavras por seus usuários. Uma grande parte das atividades de trabalho, mesmo em ambientes muito modernos, se enquadram nesta categoria (BÉGUIN, 2009, 161) (tradução nossa).

O “trabalho invisível” a que o autor se refere está relacionado a não verbalização e ao pragmatismo da atividade operacional que, em função disso, pode não ter a visibilidade dos números e da linguagem tal como a prática projetual. Esse exemplo explica boa parte da incongruência entre Operadores brasileiros, principalmente aqueles ligados ao “chão de fábrica” e os Projetistas estrangeiros. Nesse momento, nos voltamos ao item “b” – as diferenças entre as duas práticas relacionadas ao status social de cada uma – e traçaremos uma correlação.

Como analisamos no início do capítulo, existem estruturas culturais que tendem a conferir maior poder simbólico às práticas afastadas de atividades consideradas “manuais” e próximas a “ciência”. Do ponto de vista ergonômico, para falar desse item, apresentamos mais estudos realizados sobre o tema. Eles tratam das dificuldades em trazer operadores para a atividade de projeto e da diferença política e simbólica que ambas as práticas têm em nossa cultura. Esse último fator se fez, em nosso caso, muito presente, e precisa ser examinado com cuidado. Inicialmente, temos as palavras de Bucciarelli sobre a relação entre diferentes atores durante a atividade de projeto:

Projetar e tomar decisões de projeto depende dos valores e interesses de seus participantes. Isso não significa negar a importância das limitações e especificações científicas e técnicas, mas essas não são determinantes. Participantes precisam se mover para além de suas zonas de conforto e engajarem-se uns com os outros na construção de um campo razoavelmente ordenado para que o projeto prossiga. O interesse dos participantes molda suas propostas, explicações e entendimentos. [...] Cada participante tem um modo específico de olhar para “o problema”, e todos eles estão interessados em ter suas preocupações levadas em consideração. Essas preocupações derivam de suas expertises técnicas, experiência e responsabilidades”. (BUCCIARELLI, 1996. p.159) (tradução nossa)

Como escreveu Bucciarelli, todos os participantes do processo têm interesses e contribuições que desejam que sejam levadas em consideração. Contudo, a diferença social entre ambas as práticas pode fazer parte do processo de projeto e, em última instância, determinar seu resultado final. Para traçar um contorno mais definido para a questão, tendo em mente a noção de “trabalho invisível” recorreremos às ideias de Garrigou sobre a prática operacional:

Os tipos de conhecimento do operador usados em situações de trabalho são muito heterogêneos. Eles se originam simultaneamente do treinamento que o operador recebeu e dos traços de ações realizadas, das sensações do corpo, etc. Laville et al. (1968) sublinhou que o conhecimento dos operadores pode ser grandemente caracterizado por “ideias pré-concebidas”, recebidas da sociedade ou do grupo do operador. Esse comentário se aplica em particular ao chamado trabalho manual, no qual operadores internalizaram estereótipos sociais (TEIGER, 1992); com efeito, quando eles falam do próprio trabalho, empregam um certo número de clichês: “É trabalho manual”, “Nós sempre fazemos a mesma coisa”, “É muito simples”. Por alguns anos, tem sido estabelecido que, embora essa descrição corresponda à experiência do operador, ela não qualifica toda a atividade, particularmente no que se refere ao controle de incidentes. (GARRIGOU et al. 1995, p. 314) (tradução nossa)

Garrigou levanta um ponto que conecta outros oriundos da discussão que levantamos até o momento. Levando em consideração a “ação situada” (SUCHMAN, 1987) do operador, que escapa à padronização e a síntese, e a vontade padronizadora dos projetistas, temos uma contradição que pode parecer insuperável. Somando-se a ela, temos fatores culturais que aumentam o problema, pois supervalorizam a prática projetual em detrimento da operacional, ofuscando e tornando a última “invisível”. Levando em conta a natureza política do processo de projeto, entendemos que Garrigou toca em uma questão muito relevante: o status social e

o pré-conceito sobre o trabalho do operador, principalmente daquele cujas atividades estão no “chão de fábrica”. Isso provavelmente se aplica aos Forneiros, aos Operadores de sala de controle e também aos Supervisores, o que pode ganhar contornos especialmente problemáticos ao levarmos em conta que, além disso:

Daniellou (1987) sublinhou o fato de que os projetistas (franceses) tendiam a saber pouco sobre as reais condições nas quais os operadores usavam as instalações técnicas. Frequentemente, a variabilidade industrial era subestimada junto com as estratégias que os operadores usavam para antecipar incidentes. Ele apontou que essa característica não era independente da separação organizacional entre aqueles a cargo do projeto e aqueles em cargo da produção [...]. Du Roy (1992) sublinhou que dificuldades desse tipo foram também encontradas com outros projetistas europeus. (GARRIGOU et al., 1995, p. 315) (tradução nossa)

O quadro apresentado por Garrigou sugere que, em geral, os projetistas não conhecem ou, de alguma forma, não consideram importantes as condições de trabalho e as estratégias variadas que os operadores utilizam para resolver e contornar desafios cotidianos. Se somarmos isso ao problema anterior, apresentado pelo mesmo autor, no qual reconhece-se a existência de um estereótipo negativo carregado por aqueles que executam atividades manuais e mais diretamente ligadas à produção, podemos entender que as relações políticas entre membros da prática operacional e da prática projetual não se dão, em muitos casos, de modo simétrico. Temos estruturas culturais e históricas que contribuem para reforçar duplamente essa assimetria. Por um lado, fatores que tendem a preterir o trabalho manual e técnico, ofuscando-o e tornando-o invisível para aqueles que dele estão distantes. Por outro lado, temos uma valorização do discurso científico, através de uma crescente mitificação da ciência, de suas capacidades e do apagamento de seus limites, ao longo da história ocidental. Essa estrutura geral produz o que ergonomistas identificaram como “trabalho invisível”. Unimos a essa constatação nossa interpretação de que, além de fatores relacionados ao pragmatismo e a ação situada do operador, a invisibilidade da prática operacional se dá, também, em função da herança cultural ocidental, que simplifica e desqualifica a complexidade da atividade do usuário e, em contrapartida, exalta e mitifica práticas consideradas “científicas”.

Essa mitificação pode ser, em alguns casos, como uma “faca de dois gumes”: ao mesmo tempo em que se confere um alto grau de credibilidade aos portadores do discurso científico, espera-se deles igual eficiência de resultados. Espera-se, além disso, que os cientistas tenham respostas, o que não deixa de ser também uma simplificação perigosa da

atividade científica. Como Harry Collins nos diz: “a distância leva ao encantamento” (2010). O encantamento com o discurso científico pode, rapidamente, também gerar grandes frustrações quando as expectativas não são atendidas. Essa frustração esteve presente no caso analisado, e será vista em detalhes no capítulo 4, na seção: “A virada de concepção”.

De modo geral, concluímos, nesse capítulo, que também existem razões históricas para explicar a complexidade percebida por ergonomistas nas tentativas de integralização entre usuários e projetistas. O que ergonomistas têm identificado, corretamente, como um problema político decorrente da interação entre práticas distintas e em posições políticas assimétricas, também identificamos como um problema cultural e histórico de grande amplitude. As estruturas culturais do ocidente tendem a valorizar a linguagem escrita, os números e as projeções, em função do status elevado que a ciência adquiriu desde a “Idade Moderna”. Por outro lado, em oposição, uma desvalorização e invisibilidade de práticas ligadas a atividades técnicas/manuais, tal como a atividade dos membros da operação mais ligados ao “chão de fábrica”, tem sido repaginada e renovada desde a Grécia Antiga. Esse quadro cria, a priori, uma assimetria de legitimidade entre as práticas operacional e projetual que se configura em uma assimetria política. Em um embate entre ambas as práticas, tais estruturas culturais e históricas se tornam mais evidentes.

Atentos a essas estruturas, analisaremos o caso empírico a seguir. Ele se inicia com a chegada de um novo Gerente geral à planta da empresa brasileira, antes do início da operação, em 2010 (FIG. 1 e 2). Até esse ponto, a construção da planta já havia sido concluída, as equipes operacionais já estavam formadas, ou na fase final de contratações, e os fornecedores – projetistas – dos equipamentos da planta ainda estavam presentes, pois haviam acompanhado a fase de construção e, por razões contratuais, também acompanhariam o início da operação. O Gerente constatou, assim que chegou, um grande conflito entre Operadores brasileiros e Projetistas estrangeiros, o qual denominou como uma “zona de guerra”.

4 Zona de guerra

4.1 A chegada do novo Gerente geral de operação

“Quando cheguei aqui, há quinze meses, esse lugar era uma zona de guerra. A Operação, a Implantação, muitos dos fornecedores e também a [empresa projetista alemã] não estavam trabalhando bem juntos. Não estavam interagindo bem. Nós sofremos bastante”.

(Phillip)²⁶ (tradução nossa)

No final de 2010, Phillip²⁷ foi chamado para trabalhar como Gerente geral em um projeto industrial jovem, que estava no começo da operação, no norte do Brasil. Phillip, de origem canadense, tinha experiência em lidar com projetos desse porte e com plantas produtoras de níquel e, então, aceitou o convite.

Phillip foi chamado para dar início à operação da planta, ou seja, para conduzir seu *start-up*. Contudo ele relatou que, ao chegar, testemunhou um cenário de grande conflito entre os grupos que ali estavam. As razões para tal conflito eram múltiplas. Naquele contexto, a equipe operacional estava sendo formada. Assim que chegaram à planta, alguns membros da Operação, principalmente Engenheiros, Supervisores e Gestores mais experientes, começaram a questionar o projeto e a construção de alguns dos equipamentos que estavam sendo instalados. Segundo a visão desses funcionários, os equipamentos, do modo haviam sido projetados e instalados, não iriam funcionar como esperado. A posição de válvulas, a viabilidade de se fazer a manutenção de um ponto ou sistema específico, e, em resumo, a posição e a instalação/construção de alguns equipamentos foram os motivos de contestação. Inferimos, a partir disso, que a percepção desses membros recém-chegados da Operação, capaz de captar problemas e inadequações nos equipamentos montados, provavelmente advém de anos de experiência na prática operacional, o que possibilitou a alguns deles notarem o que consideraram como incongruências assim que chegaram. O questionamento foi encaminhado ao grupo de Implantação, da própria empresa brasileira, mas também às equipes de Projetistas das empresas fornecedoras que estavam acompanhando a montagem de suas tecnologias. Como a fase de montagem sofreu atrasos e já estava se estendendo para

²⁶ PHILLIP, Gerente geral. Brasil, Fevereiro, 2012. Entrevista concedida a Rodrigo Ribeiro.

²⁷ Usaremos um nome fictício para preservar a identidade do entrevistado.

além do prazo previsto para seu término, membros da Implantação e Projetistas não aceitaram os apontamentos dos recém-chegados e optaram por não alterar muitas das tecnologias já montadas, embora algumas mudanças pequenas tenham sido de fato realizadas. A partir disso, o desgaste entre os três grupos se tornou cada vez maior.

Mais problemas se iniciaram quando a fase do “comissionamento à quente” começou. O termo significa que o momento de ligar os equipamentos instalados já havia chegado, dando assim início à operação. No caso do Forno elétrico, os grupos presentes também não estavam de acordo em relação à melhor maneira de ligá-lo e iniciá-lo. Novamente, mais atrito ocorreu, em função desse impasse relacionado à melhor maneira de inicializar o Forno, acrescentando mais desavenças ao cenário de desentendimento. Diante desse cenário, assim Phillip descreveu os eventos que levaram ao desgaste entre as equipes de Operação, Implantação e Projetistas:

E eu acho que uma grande parte do que ocorreu foi porque as equipes não estavam bem encaixadas. Poucos meses antes tentamos resolver problemas nos equipamentos. Se as equipes estivessem atuando bem, estivessem tendo uma interação positiva, poderíamos ter antecipado um monte de problemas. Nós não o fizemos. (...). Para [iniciar a operação do Forno elétrico] **demoramos mais de três meses** com a linha 1. Todo o processo leva, supostamente, cerca de três semanas. Então, eu chamaria isso [o início da operação] de “não-bem-sucedida”. Vamos apenas classificá-la assim, ok? Com a linha dois demoramos quatro semanas. Assim, em um cenário perfeito onde nada der errado, nada tem de ser consertado, você não tem que parar para nada, demoraria três semanas.²⁸ (grifo nosso; tradução nossa)

No começo de sua fala, Phillip lamenta que muitos dos problemas identificados não foram levados em conta, tendo se tornado imbróglios enfrentados posteriormente. Eles poderiam ter sido evitados, “se as equipes estivessem tendo uma interação positiva”, como disse, referindo-se ao processo que levou ao desgaste entre os recém-chegados da Operação e os membros da Implantação e os Projetistas. Muitos dos problemas identificados e apontados por Operadores, que, nesse primeiro momento, não foram levados em consideração, se tornaram, de fato, problemas a serem resolvidos no futuro. O desgaste entre as equipes, como também relatou Phillip, foi aumentado no momento de ligar o Forno redutor, no qual dificuldades técnicas atrasaram em três meses a inicialização do equipamento. Um relatório técnico elaborado por um consultor que acompanhava as atividades nesse contexto, datado

²⁸ PHILLIP, Gerente geral. Brasil, Fevereiro, 2012. Entrevista concedida a Rodrigo Ribeiro.

de 16/10/2010, assim narrou o imbróglio entre a Operação e a equipe de Projetistas na tentativa de inicialização do Forno elétrico:

Uma grande preocupação foi levantada, por parte do fornecedor, sobre o procedimento de start-up e inicialização do ciclo de energia. O procedimento proposto [pelo fornecedor] é considerado deficiente e deverá resultar em instabilidade excessiva durante as primeiras fases e aplicar tensões indevidas nos eletrodos e sistemas hidráulicos.

Também se espera que o procedimento de inicialização proposto pelo fornecedor irá resultar na entrega de potência muito irregular dentro do Forno e vai colocar em perigo o desenvolvimento do aquecimento e da geração suave de um banho.

Foi proposto que se alterem os procedimentos de inicialização [...]. As propostas não foram aceitas pelo fornecedor. (Arquivo de pesquisa, 2010. p. 6) (tradução nossa)

O trecho acima aponta para um desentendimento entre Operadores e Projetistas, referente à melhor maneira de ligar o Forno redutor e inicializar sua operação. O atraso talvez não seja de todo estranho, se for levado em conta que a planta, em processo de *start-up* e *ramp-up*, é uma rede sócio-técnica ainda em construção. Isso significa, em outras palavras, que a Operação ainda estava em processo de aprendizado, de ajuste, construindo uma compreensão do modo específico como aqueles equipamentos funcionavam (tanto separadamente como em conjunto). Contudo, como estranhou Phillip, tal processo de aprendizagem para o início da operação demora, tipicamente, três semanas. A demora de três meses foi considerada, pelos profissionais envolvidos, como atípica. O desentendimento sobre a melhor maneira de iniciar o Forno e a frustração por não conseguir fazê-lo funcionar aumentaram ainda mais as tensões na planta. A figura abaixo (FIG. 3) mostra a estratégia de comissionamento que fora acordada anteriormente ao início do *start-up*:

Figura 3 – Estratégia de comissionamento a quente.

1.3 – Testes a Quente

- **Atividades** - Nesta fase consiste em secar o refratário, quando for o caso e alimentar o sistema com minério e se inicia a produção do sistema. Todos os itens de categoria B tem de estar concluídos.

- **Exemplo:** Formação da Pilha, Secagem do minério, Produção de Calcinado, Redução do calcinado para a produção do FeNi, refino do FeNi, Granulação do Metal e Estocagem

- **Supervisão- Vendors**

- **Execução** - Equipes de Operação e Manutenção.

- **Observadores** –

Qualquer intervenção no equipamento e/ou sistema será feita com a permissão da MOP Operação

Legenda: Slide de uma apresentação em Power Point da estratégia adotada para o comissionamento.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Como mostra a imagem, a estratégia inicial seria a de inicializar o Forno elétrico deixando a execução para a equipe de Operação. Os “vendors” ou, em outras palavras, fornecedores dos equipamentos – os Projetistas alemães, que desenvolveram o projeto do Forno – atuariam como supervisores. Contudo, diante do clima de disputas, a supervisão da equipe da empresa projetista alemã foi concretizada de modo relativamente diferente do que a FIG. 3 sugere. Desejando encerrar o clima de disputa, Phillip atuou de acordo com o procedimento padrão que a empresa brasileira adotava em contextos de *start-up*: delegou a operação inicial do Forno nas mãos da equipe dos Projetistas alemães. Sua decisão estava de acordo com a cultura da empresa brasileira que possui em sua estrutura organizacional e burocrática um contrato padrão assinado com os fornecedores, no qual consta a cláusula de que, para que a garantia das tecnologias compradas seja mantida, elas deveriam ser operadas e inicializadas, durante o *start-up*, pela equipe da empresa projetista. Caso uma das tecnologias apresentasse algum problema ou defeito, as empresas que criaram seu projeto só seriam “legalmente obrigadas” a responder pelo problema se elas estivessem a cargo da

inicialização de seu equipamento. Caso contrário, qualquer problema apresentado poderia considerado um erro operacional, causado pelos funcionários brasileiros, e então as empresas projetistas não poderiam ser responsabilizadas. Com esse procedimento em mente, Phillip colocou os Operadores brasileiros sob tutela dos Projetistas alemães. Ao mesmo tempo, as reivindicações anteriores dos operadores sobre mudanças nos equipamentos foram abafadas. Concretamente, portanto, ao contrário do que sugere a FIG. 3, “qualquer intervenção no equipamento” e a execução do início da operação ficaram a cargo, prioritariamente, dos Projetistas.

Após uma série de tentativas e erros, foi a equipe da Operação, contudo, quem conseguiu, com sucesso, inicializar o Forno redutor durante um turno no qual os projetistas não estavam presentes. Os frutos dessa operação inicial foram colhidos meses depois, ainda no primeiro semestre de 2011, quando finalmente ocorreu a primeira extração de metal produzido pelo Forno, no dia 04/03/2011. A partir desse ponto, a Operação consolidou o controle sobre as atividades operacionais e os Projetistas puderam deixar a planta, sob a condição de que – a qualquer dificuldade inesperada – seriam chamados a dar respostas.

O que inferimos, sobre esse caso, é que a ação de Phillip, em função dos contratos assinados, personificou os valores da empresa brasileira que tinha como procedimento padrão priorizar a prática projetual durante start-ups e em casos de desavenças técnicas. Desse modo, a solução da desavença foi a de subjugar a prática operacional à prática projetual, provavelmente sob a noção de que a primeira precisava aprender com a segunda. Ou seja: o procedimento parece ter por base a ideia de que os Projetistas conhecem a melhor forma de operar as máquinas que projetaram – melhor que os próprios operadores. Por esse motivo seria deles, Projetistas, a responsabilidade pela inicialização das tecnologias que criaram. Há, nessa concepção, um erro conceitual em considerar que, de algum modo, a prática operacional está contida na prática projetual. Essa visão parece considerar que a capacidade de projetar implica, simultaneamente, a capacidade de operar. Contudo, é necessário entender que ambas as práticas possuem suas especificidades e que ambas são igualmente relevantes para a produção²⁹. O episódio, no qual o controle operacional foi dado aos Projetistas, também aponta para uma assimetria de poder e reconhecimento entre ambas as

²⁹ Desconsiderar a especificidade e a importância da prática operacional é o mesmo que, em outro exemplo, considerar que o projetista de um carro da Fórmula 1 seja um piloto mais capaz e eficiente que o próprio piloto contratado para dirigir o carro e disputar as corridas. Ambos projetista e piloto possuem habilidades diferentes, não fazendo sentido, portanto, supor que um tenha prerrogativa para criticar ou para ensinar ao outro como seu trabalho deve ser feito. E, muito menos, que um possa substituir o outro. Pilotar e projetar são práticas distintas, que exigem anos de prática para serem dominadas.

práticas. Entendemos, diante disso, que tanto a empresa brasileira como Phillip atuaram no contexto que analisamos, segundo o determinismo tecnológico, ao entenderem que a base do saber estava nos criadores da tecnologia e não em seus usuários. Analisamos, no capítulo anterior, as razões teóricas e ergonômicas dessa assimetria e da crença de que usuários tenham menor relevância do que projetistas. Essa crença, contudo, como analisaremos ao final deste capítulo, foi abalada por eventos que influenciaram toda a planta.

Ao longo deste capítulo também veremos que, após o difícil início da operação, muitas novas dificuldades foram enfrentadas. Sobre esse ponto, é necessário sublinhar que existe uma grande distância entre o funcionamento ideal/esperado do Forno redutor e o funcionamento “real”. No mundo ideal, no qual nada falha, era esperado que a Operação tivesse seguido em uma curva ascendente de produção desde seu início, enfrentando somente dificuldades relativas à curva de aprendizagem e ajustes do *ramp-up*. Contudo, na realidade, o Forno redutor e seus sistemas auxiliares³⁰ trouxeram, desde o início, enormes dificuldades para os Operadores. Analisaremos, a seguir, o funcionamento do Forno sob ambos os pontos de vista. Primeiro, explicaremos o processo geral da planta fornecendo uma explicação simplificada e – principalmente – idealizada sobre o funcionamento do Forno. Logo em seguida, veremos como a operação ocorria na prática do dia a dia e quais eram os reais problemas enfrentados.

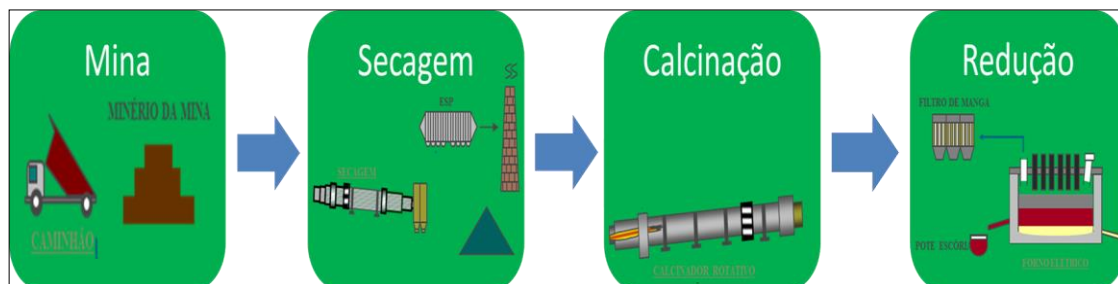
4.2 O Forno industrial e o processo geral de produção

Aqui faremos uma breve explicação sobre os princípios básicos do funcionamento do Forno elétrico. Inicialmente, entenderemos o papel do Forno no processo geral de produção da planta industrial na qual ele está inserido.

³⁰ Por “sistemas auxiliares” nos remetemos a outros equipamentos que, a rigor, não fazem parte do Forno, mas que estão em sua periferia e têm impacto direto em sua operação. Alguns dos exemplos de sistemas auxiliares importantes para nosso estudo são o “CTS” e o “Sensycal”, que serão explicados a seguir.

O Forno é a ultima parte integrante de um processo de produção que acontece, simplificada, tendo em vista os limites desta pesquisa, em quatro etapas³¹. A imagem abaixo (FIG. 4) representa o processo:

Figura 4 – Processo geral de produção da planta



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

Não é necessário entender todo o processo e seus detalhes. O que nos importa é compreender o papel do Forno nesse cenário. O princípio geral que guia a produção é o de retirar cada vez mais água do minério e separar o metal desejado de outras substâncias às quais está ligado quando é encontrado na natureza.

Inicialmente, o minério é extraído na **mina** e levado até a planta, onde passará pelo primeiro processo de redução de umidade, a **secagem**. O minério ainda possui umidade após a secagem e passará pelo **Calcinador**: um grande forno cilíndrico que o aquecerá e extrairá a água estrutural de seu interior. Esse é o processo chamado de “calcinação”. Um dos combustíveis usados no calcinador é o carvão. Esse detalhe tem relevância, pois o carbono liberado pelo carvão passa, desde então, a fazer parte da composição das substâncias que estão presentes no minério que passa pelo calcinador. Após sair do Calcinador o minério, que está calcinado e que foi aquecido com o uso do carvão, será transportado para o Forno elétrico através de um sistema de trilhos que carregam potes com até 16 toneladas de minério calcinado, chamado de CTS (Sistema de Transferência de Calcinado)³².

Uma vez dentro do Forno, na área conhecida pelo nome **Redução**, o minério calcinado será aquecido até se derreter e chegar à forma líquida. Na forma líquida, ocorrerá a separação

³¹ A rigor, o processo possui um número maior de etapas, com a Redução não sendo a última. Contudo, para simplificar o processo e poupar o leitor de detalhes técnicos desnecessários ao entendimento do caso, reduzimos as etapas e consideraremos o Forno redutor a última instância da produção.

³² “Calcine Transfer System”, no nome original.

entre o níquel (metal) e o que não tem relevância (escória). A escória é descartada e o metal, na forma líquida, será transportado para a próxima área, onde será refinado até atingir um alto grau de pureza para então ser transportado e comercializado. Esse seria o quadro geral de funcionamento da planta. Ainda é necessário, contudo, entender os princípios básicos específicos do funcionamento do Forno redutor para a compreensão do caso analisado. A exposição desses princípios básicos é o que faremos a seguir.

4.3 O funcionamento ideal do Forno

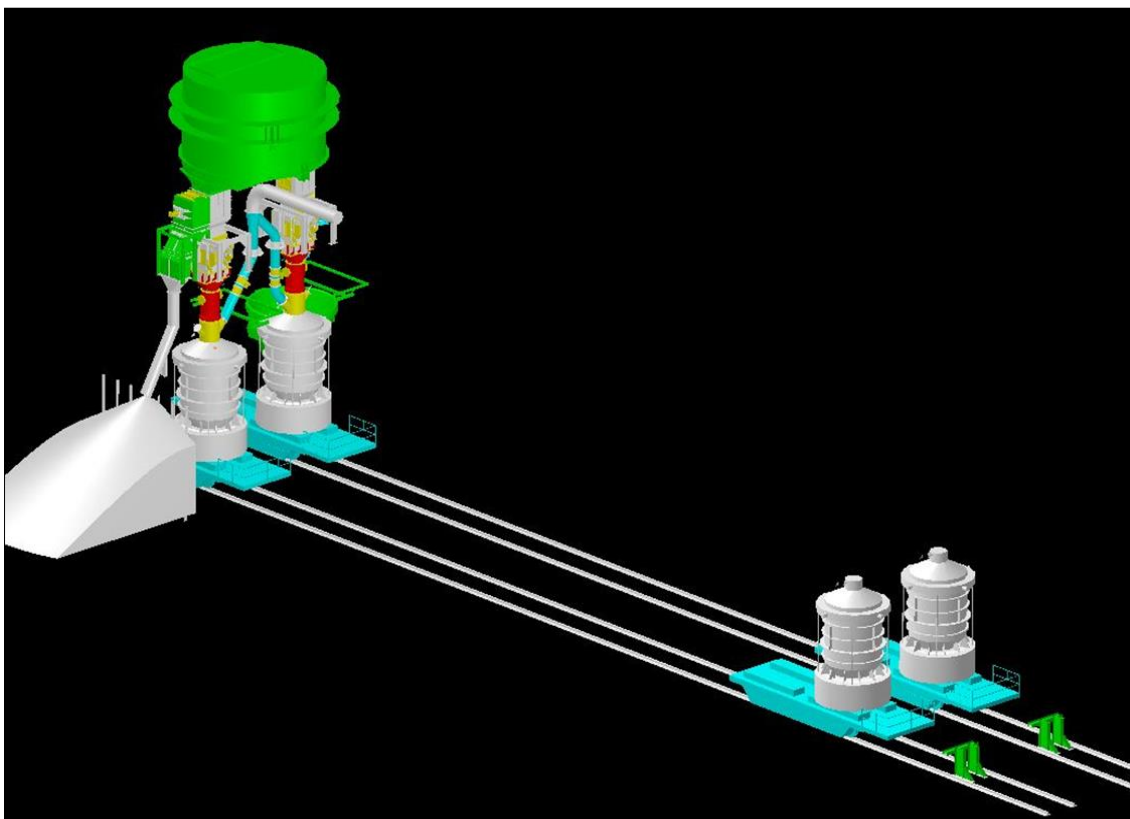
Nesta seção explicaremos o funcionamento básico do Forno. Porém, antes de prosseguirmos, é necessário deixar claro para o leitor que faremos uma explicação semelhante à que se encontra em um manual. Por esse motivo sublinhamos que será uma apresentação da “atividade prescrita” e não da “atividade real” (DANIELLOU, F.; LAVILLE, A.; TEIGER, C., p.1, 1989), aquela que é realizada de fato pelos trabalhadores.

A explicação se dará a partir de uma operação idealizada, na qual tudo funciona de acordo com o esperado. Nesta seção, especialmente, destacaremos em *itálico* todas as passagens nas quais uma descrição idealizada e distante da realidade prática for mencionada. Esse recurso servirá para avisar ao leitor de que ele está diante de uma noção simplificadora – que não se confirma após observações de campo – dos desafios enfrentados na atividade operacional. A partir dessa explicação idealizada, será possível compreender, basicamente, o que é um Forno elétrico, como ele deveria operar em princípio, as funções esperadas de seus equipamentos e as bases, em teoria, de seu funcionamento. A explicação será contrastada com a narrativa da prática operacional que virá na próxima seção e, assim, será possível ter uma dimensão da distância experimentada pela Operação entre o funcionamento esperado e “real” do Forno.

Para o que nos interessa, o Forno industrial pode ser entendido como um grande recipiente no qual o minério calcinado é despejado, derretido e extraído em forma líquida. Ele é como uma grande caixa retangular – 36m comprimento, 13m de largura, 7m de altura – composta de tijolos refratários e uma carcaça de ferro no seu exterior. Assim que chega da Calcinação, através do Sistema de Transferência de Calcinado (CTS), o minério calcinado é armazenado em “silos de alimentação” que ficam acima do Forno. A figura abaixo (FIG. 5) mostra o CTS e seu modo de funcionamento: trilhos terrestres que levam a carga até o Forno.

Ao chegar a seu destino, a carga é erguida e despejada nos silos situados em cima do Forno elétrico.

Figura 5 – Imagem em 3D do CTS



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

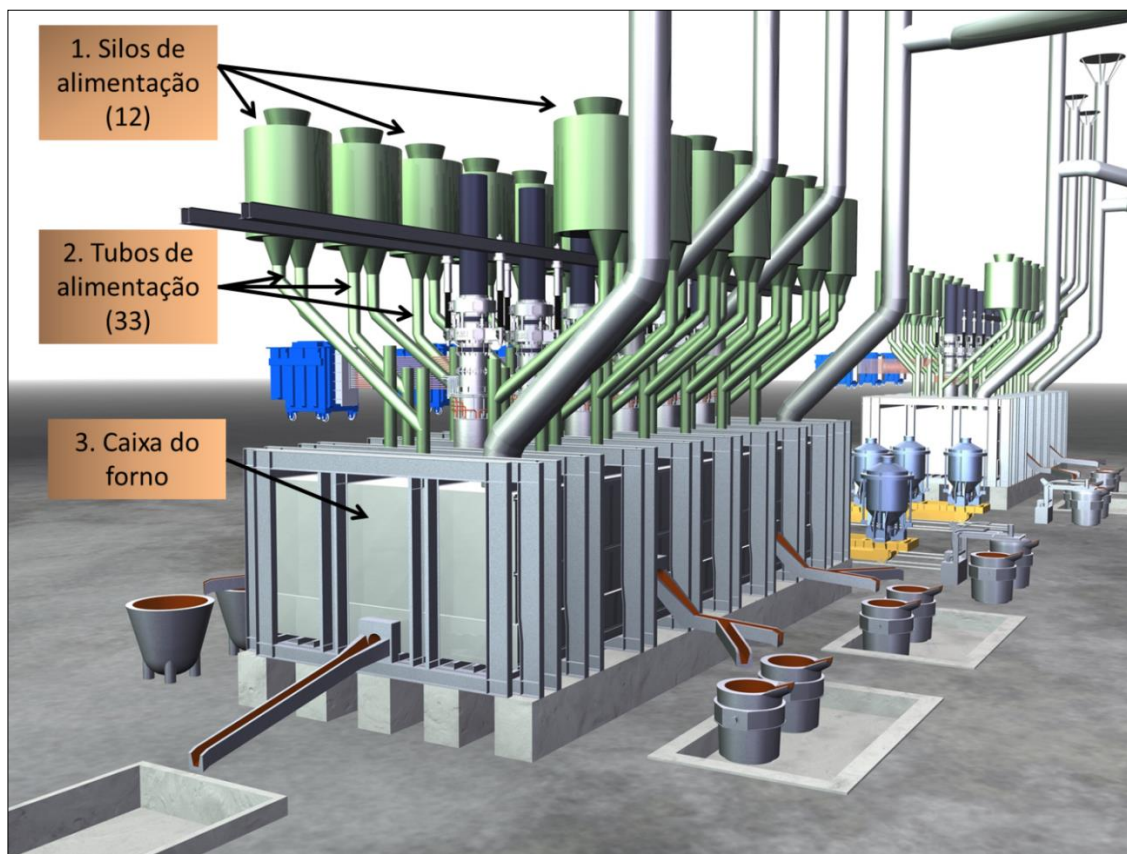
Os “silos de alimentação”³³ possuem, cada um, dois a três tubos de alimentação³⁴ que despejam o minério calcinado no interior do forno. Tanto o CTS quanto os silos de alimentação possuem balanças que medem o peso, em toneladas, do minério calcinado, para que se tenha um controle *sempre preciso* da quantidade de material colocada dentro do Forno. Assim que os silos de alimentação recebem um comando, vindo diretamente de operadores da sala de controle, eles se abrem e despejam o minério calcinado no interior do Forno *na quantidade exata estipulada* pelo operador. O sistema é *automatizado*, portanto a abertura e o fechamento dos tubos de alimentação *se dá automaticamente*, para garantir a precisão da quantidade de material colocado no interior do Forno.

³³ Existem doze silos de alimentação acima do Forno.

³⁴ Os tubos de alimentação totalizam trinta e três.

A figura abaixo (FIG. 6), produzida nos estágios iniciais do projeto original do Forno, representa os silos, os tubos de alimentação e a caixa principal.

Figura 6 – Forno redutor



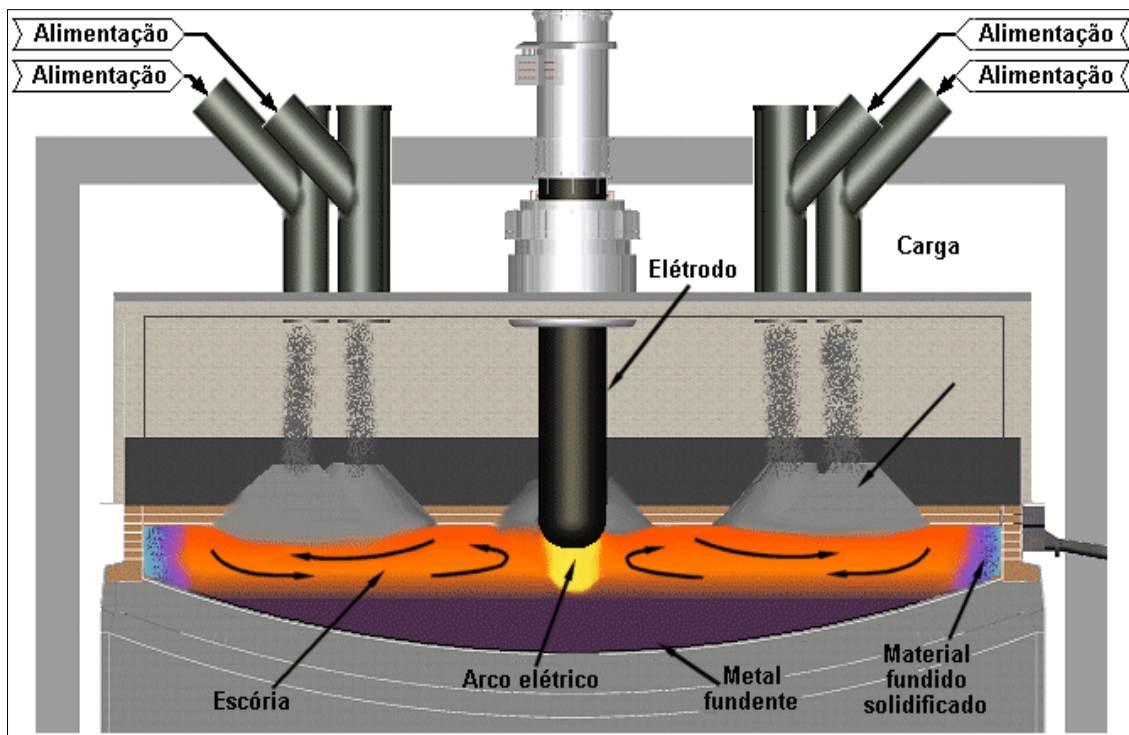
Legenda: Estágios iniciais do projeto do Forno pela empresa alemã em 2006.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

Uma vez dentro do Forno, o minério calcinado será aquecido por um arco elétrico gerado por seis estruturas chamadas de “eletrodos”. Trata-se de tubos de pasta solidificada que conduzem a eletricidade para dentro do Forno, formando o arco elétrico. Esse arco elétrico aquece o minério a temperaturas de até 1700°C. O minério será aquecido até o ponto de fundição. Uma vez líquido, o níquel irá decantar para o fundo do Forno, pois tem uma densidade alta. Ao mesmo tempo, as substâncias que não farão parte da produção têm uma densidade baixa e, por esse motivo, tendem a ficar na parte mais alta do líquido. O níquel é chamado de “metal” nesse estágio. As substâncias com baixa densidade que se encontram na porção superior são chamadas de “escória”. A todas essas substâncias, metal e escória em

conjunto, quando chegam à forma líquida, se chama de “banho”. Portanto, a escória se encontra, por ser menos densa, na parte superior do banho. O metal, na parte inferior. A imagem (FIG. 7) a seguir representa um eletrodo formando o arco elétrico e aquecendo o banho de metal e escória:

Figura 7 – Esquema básico do Forno

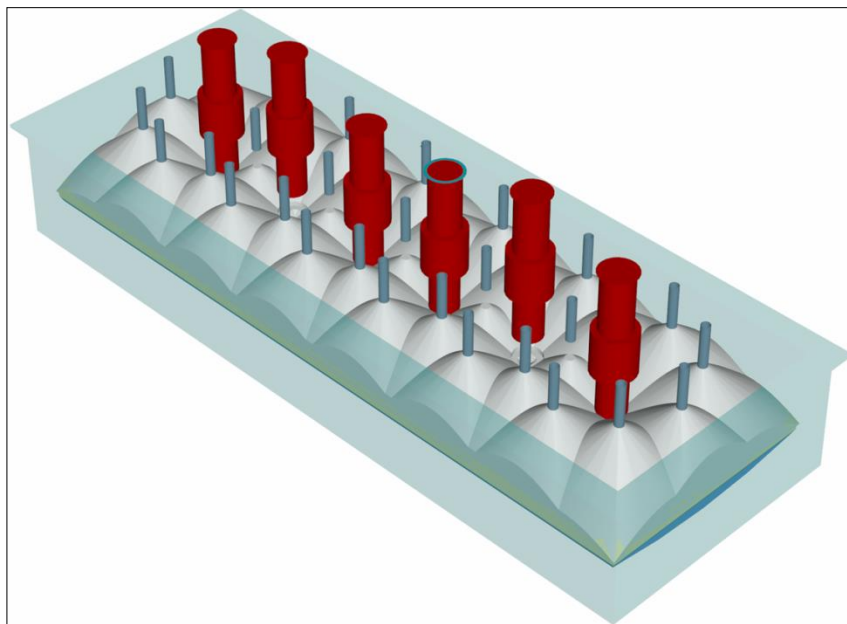


Legenda: Detalhamento do interior do Forno redutor.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

O único eletrodo visto na figura 7 está levemente mergulhado no banho e produzindo um arco elétrico que irá aquecer o banho constantemente. Como os seis eletrodos presentes no Forno estão enfileirados, a imagem somente representa um deles. Porém, na representação abaixo (FIG. 8), é possível ver a disposição dos eletrodos (em vermelho) vistos de cima:

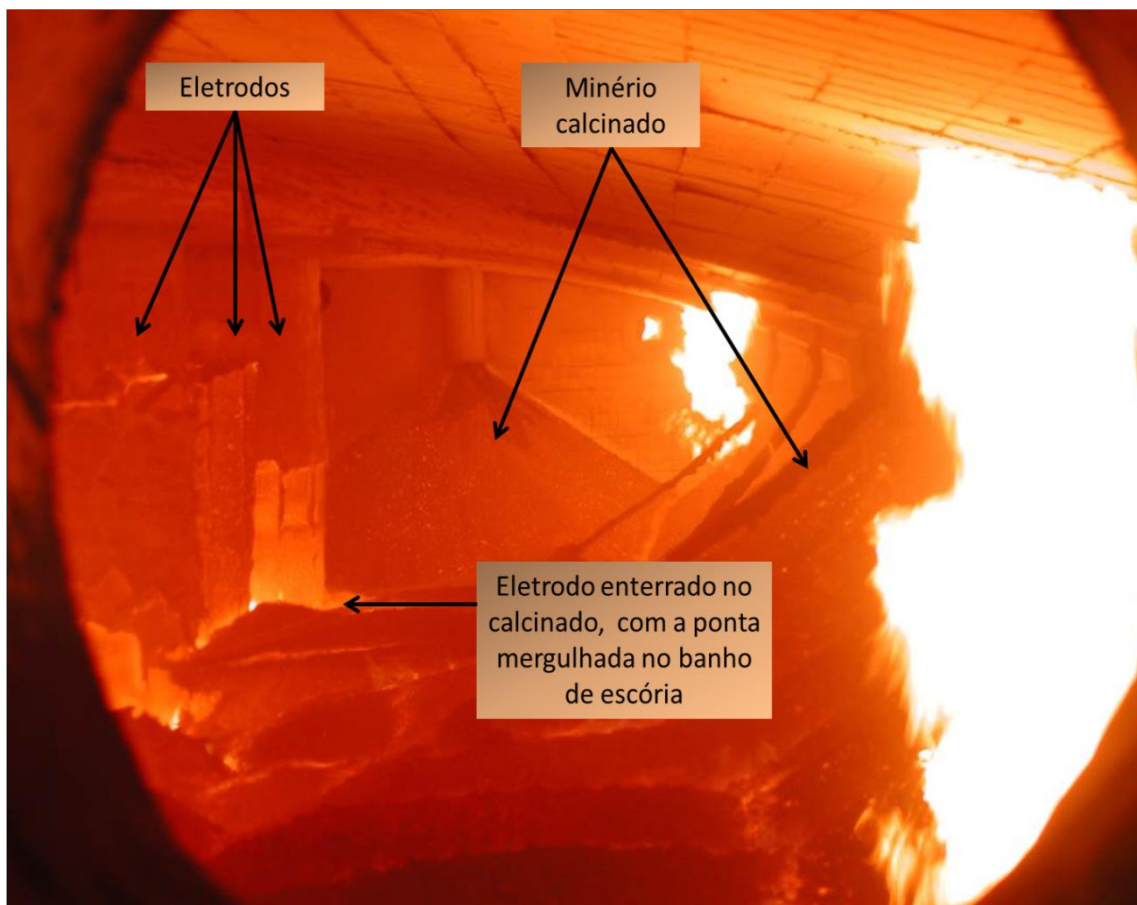
Figura 8 – Eletrodos do Forno



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

E, na imagem abaixo (FIG. 9), podemos ver uma foto de um Forno em funcionamento, na qual há muito minério calcinado em seu interior, cobrindo o banho de escória e formando grandes montes:

Figura 9 – Janela de Inspeção³⁵



Legenda: Foto do interior do Forno

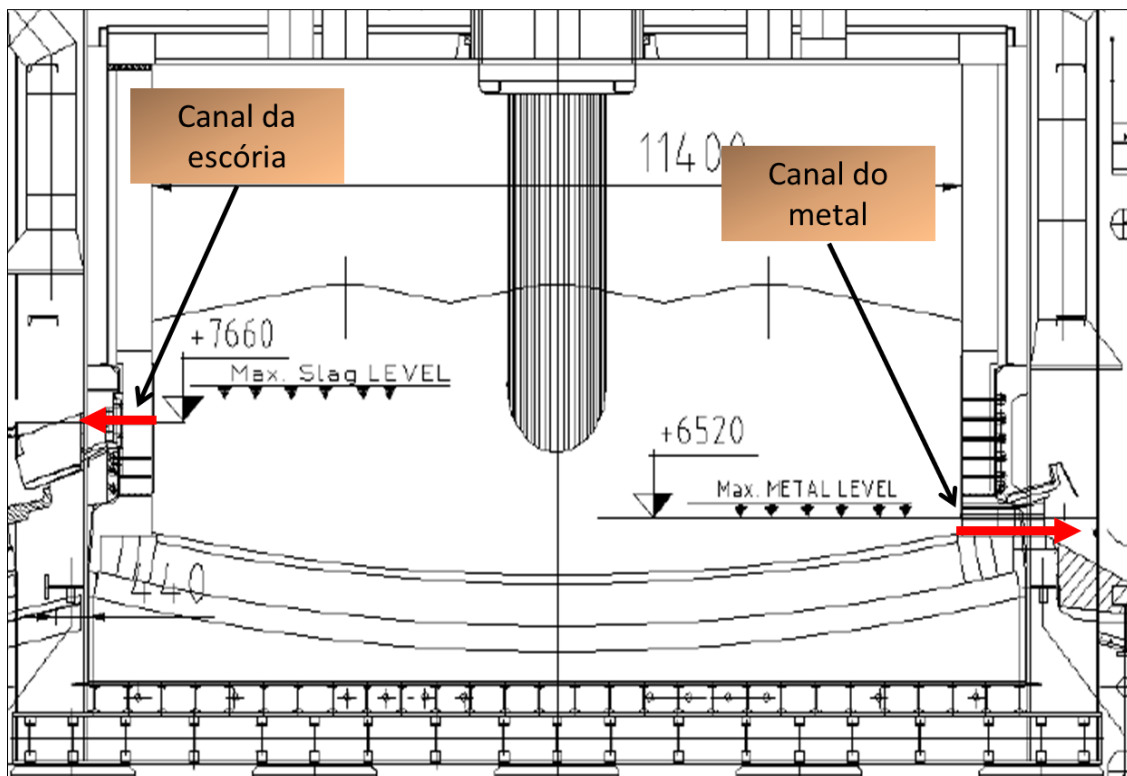
Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Após a formação do banho de metal e escória, a Operação precisa estar atenta: o momento da extração pode estar próximo. O metal preferencialmente será extraído a 1480°C, enquanto que a escória será extraída a 1580°C³⁶. Essas são as temperaturas ideais para a extração, que é chamada de “vazamento” pelos profissionais da área. O vazamento de escória e metal, ou seja, sua extração, acontecerá pelos canais de vazamento. Como, na fase líquida, a escória tende a subir e o metal a descer, então seus respectivos canais estão de acordo com a sua altura. A imagem abaixo (FIG. 10) ilustra os dois processos:

³⁵ A “janela de inspeção” é uma abertura pela qual um operador pode inspecionar visualmente o interior do Forno.

³⁶ A razão para essas temperaturas, especificamente, vem não somente de cálculos matemáticos mas também de muito conhecimento prático: vazar escória e metal a baixas temperaturas não é adequado, pois eles estão mais “frios” e próximos ao estado sólido, portanto menos fluidos e com maior tendência à solidificação.

Figura 10 – Elevação diferente do canal de escória e metal



Legenda: A imagem mostra, através das setas vermelhas, a diferença de altura e de posição do canal do metal e do canal da escória.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

O canal de escória encontra-se mais elevado, à esquerda da imagem, pois a escória estará *sempre* na parte mais alta do banho. O canal do metal, por outro lado, é colocado em uma altura inferior, considerando que a densidade do níquel é maior do que a dos outros metais e componentes químicos contidos na escória.

Após sair do canal, o metal percorrerá um meio tubo inclinado que o fará escorrer em direção a um grande pote, que também tem capacidade para doze toneladas. A esse “caminho” que será percorrido através desse tubo, denominamos “bica”. Existe uma bica para o metal e uma para a escória, após seus respectivos canais. Para melhor ilustrar como é uma bica, a figura 11 mostra uma foto de um dia normal da operação do Forno, na qual dois forneiros estão trabalhando na bica de escória:

Figura 11 – Extração de escória



Legenda: Atividade de vazamento de escória realizada pelos Forneiros

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Forneiros são trabalhadores cujas principais atividades se dão em torno das bicas. Eles têm a incumbência de abrir o canal para que o metal ou a escória possam vazar, depois limpar o canal enquanto o vazamento acontece para impedir qualquer obstrução e então realizar o fechamento desse canal. A roupa prateada na fotografia serve para proteger o Forneiro do intenso calor emitido pela escória. A barra em sua mão é utilizada caso ocorra alguma solidificação de escória na bica. Se isso ocorrer, a bica poderá ficar entupida. Portanto, assim que os primeiros sinais de acúmulo de escória solidificada começam a acontecer, os Forneiros *rapidamente* a removem com a barra e então a escória solidificada desce canal abaixo. Na figura 12, temos o jato de escória saindo do canal e caindo na bica:

Figura 12 – Bica em detalhe



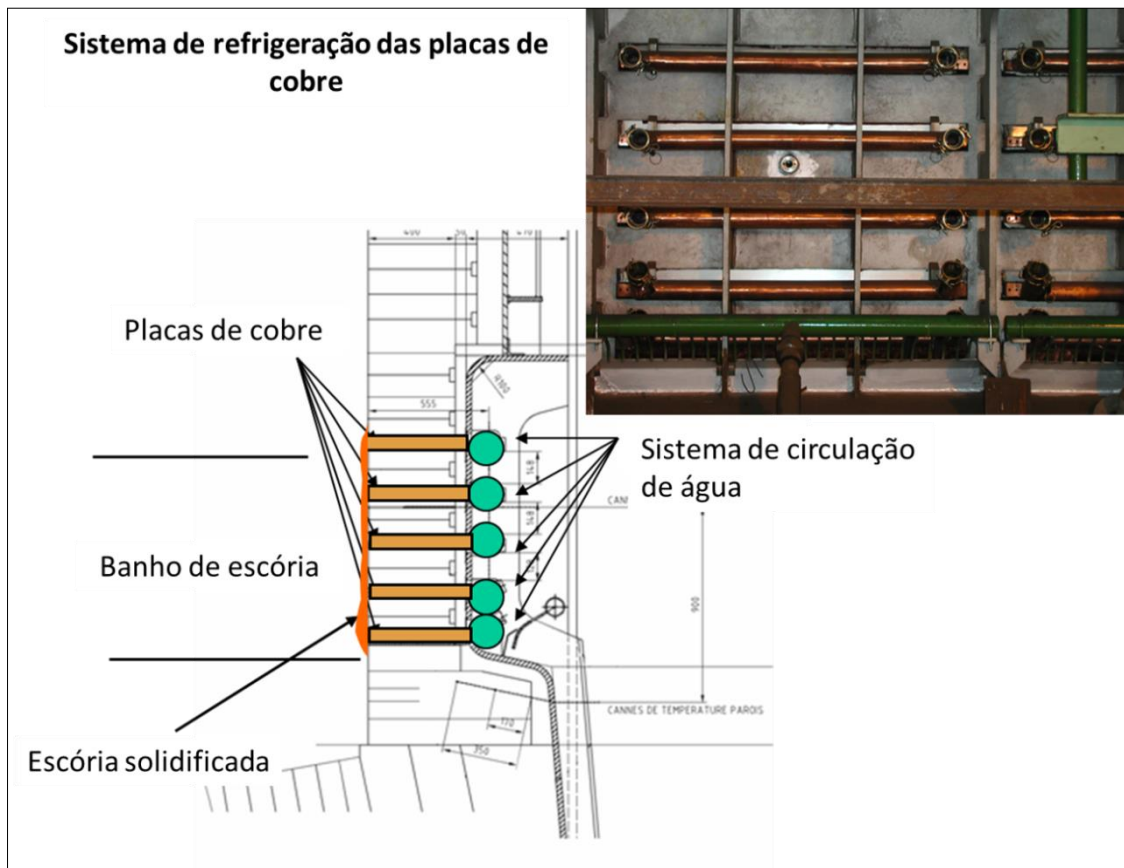
Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Um detalhe importante sobre o Forno redutor precisa ser mencionado: ele produz, proporcionalmente, 90% de escória e 10% de metal. Como dizem os trabalhadores da área, “esse é um Forno de escória, não de metal”. Isso significa que a produção de escória é muito maior do que a de metal, sendo 90% do banho constituído de escória. Isso implica, em termos operacionais, na necessidade de vaziar escória constantemente, caso contrário o volume do banho pode se elevar chegando, no extremo, a transbordar.

Esse é um ponto relevante: o monitoramento da altura, ou seja, do volume do nível do banho de escória e metal dentro do Forno é um fator essencial para uma boa operação. Se a Operação não estiver atenta, o volume do banho pode aumentar até alturas não recomendadas. A importância disso se dá porque a caixa principal do Forno elétrico é feita de refratários. Embora esses tijolos sejam produzidos para suportar as altas temperaturas do interior do Forno redutor, sozinhos eles não resistiriam ao contato direto com o metal e com a escória líquidos. Por esse motivo, aqueles tijolos que de fato estão em contato direto com o banho contam com uma refrigeração especial, realizada por placas de cobre colocadas entre

cada um deles. Essas placas são auxiliadas por um sistema de circulação de água que corre na face externa do Forno, como a imagem (FIG. 13) a seguir mostra:

Figura 13 – As seis placas de cobre

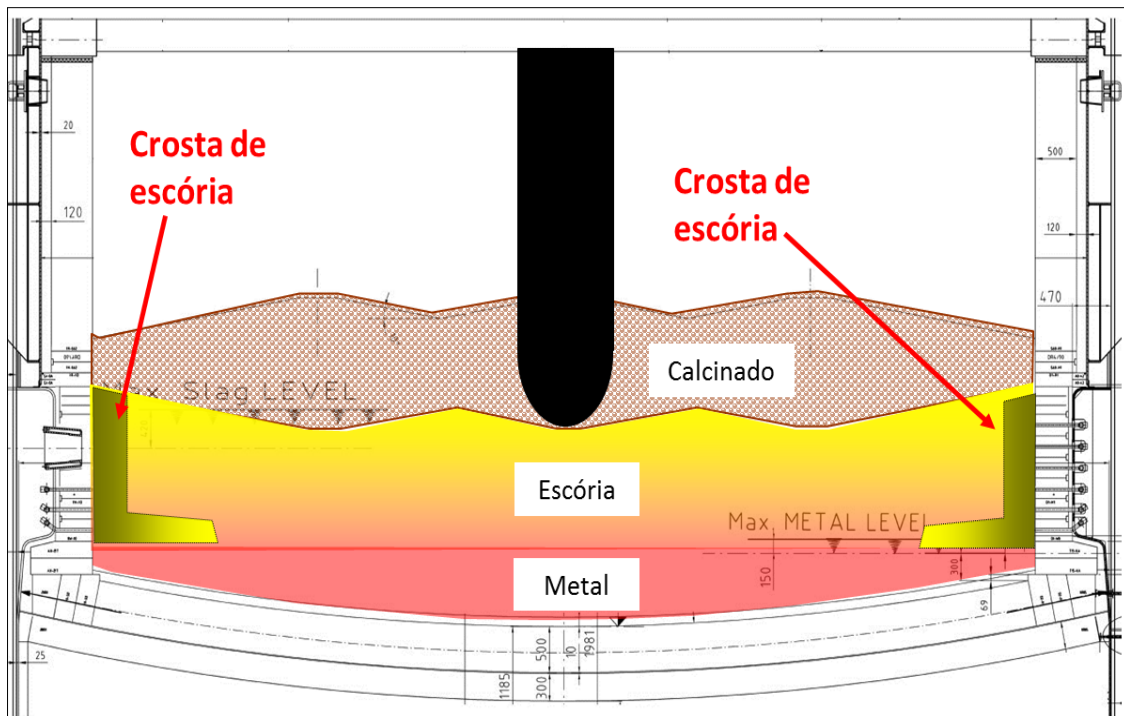


Legenda: Corte transversal mostrando parte da parede superior, as placas de cobre e o sistema de refrigeração por dutos de água de cada placa

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Desse modo, a placa de cobre absorve o calor vindo do banho de escória e metal, protegendo o refratário. Ao extrair temperatura da escória e do metal, as placas de cobre provocam a solidificação daquela porção do banho que está tocando o refratário. Quando a escória e o metal perdem a temperatura necessária para se manterem no estado líquido, retornam ao estado sólido, formando uma camada de escória e metal sólidos em volta dos tijolos. Essa camada é ideal para proteger os tijolos do calor abrasivo da escória e do metal líquidos. A imagem (FIG. 14) abaixo representa a formação dessa crosta protetora:

Figura 14 – Formação da crosta protetora



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Contudo, nem todos os tijolos refratários possuem placas de cobre. Os tijolos mais elevados das paredes – “a parede superior”³⁷ – não têm essas placas para protegê-los do calor do banho de escória e metal. Uma das razões disso é que não é necessário refrigerá-los: *basta* controlar o nível do banho dentro do Forno. Se o nível não for controlado, então o Forno pode se encher gradualmente de escória e metal líquidos, e ambos podem eventualmente entrar em contato com o refratário que não tem refrigeração especial. Caso isso ocorra, o refratário será desgastado. O desgaste pode ser total, o que ocasionaria uma queda das paredes refratárias do Forno e então a escória, a 1500°C, seria espalhada pelo chão da área. Portanto, o controle do nível é um parâmetro essencial dentro de uma operação estável. A operação ideal prevê inúmeros recursos para um controle preciso do nível do banho no forno:

1. O controle pode ser feito pela medição constante da quantidade de material colocada dentro do Forno. Existem duas balanças que podem aferir o peso das toneladas de minério calcinado produzido: uma balança instalada no CTS e outra balança dentro

³⁷ Usando a terminologia adotada no projeto do Forno, faremos uma separação entre a parte da parede refratária refrigerada pelas placas de cobre e a parte que não é. A essa porção desprotegida, composta de tijolos que estão acima das placas de cobre, chamaremos sempre de “parede superior”, tal qual a região foi nominada no projeto. “Upper wall” é o termo original.

- silos de alimentação. Através delas, é possível realizar um *controle preciso* de todo o material colocado dentro do Forno e, assim, *garantir* que o volume de escória e metal nunca chegue à parede superior, ou seja, a níveis acima dos tijolos refrigerados pelas placas de cobre.
2. A manutenção do nível do banho dentro dos limites *também pode* ser feita através de um sistema de aferição por uma grande barra de ferro. A barra é introduzida no interior do Forno de cima para baixo, através de uma pequena abertura feita após a extração de poucos tijolos de sua abóboda. A barra é introduzida e mergulhada até o fundo do Forno, depois retirada. A quantidade da barra que estiver marcada pelo banho de escória e metal pode ser medida e, assim, a operação saberá *exatamente* a altura do banho.
 3. O respeito ao limite máximo da altura do banho também pode ser feito através do monitoramento constante dos termopares. Termopares são radares de temperatura. Como estão em número *suficiente*, basta distribuí-los ao longo de todo o Forno, pois eles podem sinalizar áreas com a temperatura mais elevada que as demais. A partir dessa sinalização, operadores poderão assumir, ao encontrarem um ponto anormalmente quente nos tijolos da parede que não são refrigerados, que o banho de escória e metal está alto e em contato com eles.
 4. O carvão utilizado no Calcinador reage quimicamente e se liga ao minério calcinado. Após o despejo do calcinado e de seu aquecimento no interior do Forno redutor, o carbono proveniente do carvão poderia provocar uma liberação de gases no interior do Forno. Ao liberar esses gases, o banho de escória borbulharia e seu nível poderia aumentar descontroladamente. Contudo, o Forno contém um sistema *eficiente* de sucção de seu gás interno, chamado de “despoeiramento”. Além do despoeiramento, o Calcinador, se estiver funcionando em plenas condições, o que é *frequente*, demanda um uso reduzido de carvão para aquecer o minério, portanto o risco da liberação dos gases e da formação de bolhas na escória é *baixo*.
 5. Na dúvida sobre a eficácia desses métodos de controle, é *sempre possível*, ao operador, verificar visualmente a situação no interior do forno através de uma “janela de inspeção”. O método pode ajudar a determinar, pelo menos, a altura do calcinado dentro do forno, considerando que ele cobre inteiramente o banho de escória que, portanto, não pode ser visualizado dessa forma. Não obstante, é mais um recurso *eficiente* no leque de estratégias para executar o controle do nível do banho.
 6. Se todos os métodos anteriores falharem e o nível do banho estiver alto, *basta* vaziar a escória por uma, *ou mais*, das seis bicas disponíveis. Assim, o nível de escória se

reduzirá, pois o Forno será gradualmente esvaziado. Eis uma fotografia (FIG. 15) da escória sendo vazada em três bicas ao mesmo tempo (tirada em outra planta):

Figura 15 – Vazamento de escória em outra planta industrial



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Como já mencionados, ao iniciar o vazamento, a escória corre pela bica até cair em um grande pote. Após o enchimento do pote, com capacidade para até dezesseis toneladas de escória, o canal pode ser temporariamente fechado, enquanto outro pote é colocado no lugar, e então reaberto para continuar o vazamento. A imagem (FIG. 16) abaixo mostra um pote cheio e o caminhão que o transporta, chamado “Kress”:

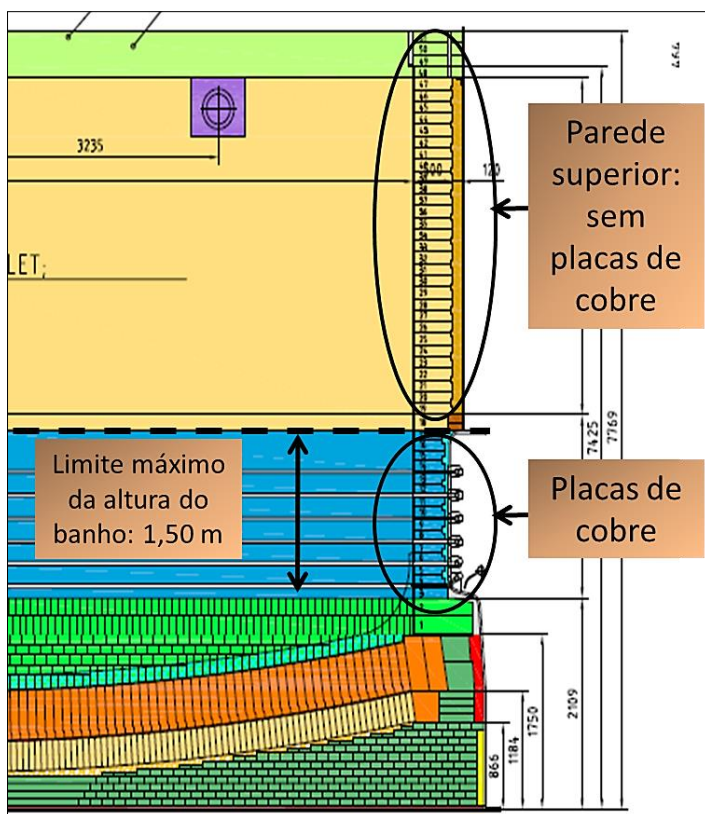
Figura 16 – Caminhão Kress carregando um pote de escória



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

A conclusão é que o controle do nível do banho é essencial para a operação, e existem *muitas formas* de controlá-lo. Caso contrário, se muito minério calcinado for despejado no interior do Forno, então em pouco tempo haverá muita escória e metal em seu interior. O Forno pode acabar se enchendo gradualmente e, com isso, o nível do banho também subirá, exatamente como aconteceria ao adicionarmos muito chá quente a uma chaleira. É necessário observar o nível do chá líquido, pois não desejamos que ele suba demais e transborde. O mesmo princípio básico vale para a operação do Forno: não se pode enchê-lo demais de escória e metal líquidos. Existe um limite a ser respeitado. A imagem (FIG. 17) abaixo ilustra esse limite:

Figura 17 – Limite máximo do banho de escória e metal



Fonte: Arquivo de pesquisa 2012 (figura alterada pelo autor)

A altura máxima do banho de escória e metal está representada, na imagem acima, pela área em azul. À direita inferior da figura 17 temos um círculo sobre as seis placas de cobre que refrigeram o refratário (de tipo “aluminoso”, mais resistente ao calor, também representado pela cor azul) que estará em contato direto com o banho. Acima das placas de cobre, na parede superior, outro tipo de refratário está colocado: o “magnesiano”, que isola termicamente o calor. Portanto os tijolos magnesianos, que na figura acima estão representados em amarelo, não são protegidos pela refrigeração e podem estar muito suscetíveis a desgastes caso a escória entre em contato direto com eles.

Existe uma razão para que nem todos os tijolos das paredes do Forno tenham refrigeração por placas de cobre. Placas de cobre aumentam o custo total do projeto e, além disso, as placas retirariam temperatura de dentro do Forno, para refrigerar suas paredes, o que comprometeria o aproveitamento da energia utilizada para o aquecimento do minério calcinado. Afinal, como o nome sugere, o Forno elétrico despende muita energia elétrica para fundir o minério em seu interior. Portanto, um número elevado de placas de cobre significaria

mais refrigeração, mas, em contrapartida, mais energia sendo retirada de seu interior, o que poderia aumentar os custos da produção do níquel. Veremos as implicações disso na seção: “Projetistas alemães: o mundo da otimização energética”.

É importante destacar que o limite da altura do banho de escória e metal, se medido em metros do fundo do Forno até o último tijolo aluminoso protegido por uma placa de cobre, seria de aproximadamente 1,50 m. Esse limite foi extensivamente discutido no contexto do reprojeto do Forno, que será visto nos capítulos adiante, portanto é essencial para essa análise. Trata-se da discussão central de todo o reprojeto.

Tal limite *não é um problema*, contudo, para a uma operação ideal. Como dissemos, tanto o CTS como os silos de alimentação possuem balanças *confiáveis* para pesar a quantidade de minério calcinado. A partir disso, os Operadores de sala de controle *têm condições de calcular* a quantidade de escória e metal líquidos no interior do Forno. Assim que o cálculo é feito, os operadores *só precisam* digitar, no software que utilizam para controlar os tubos de alimentação, os números referentes à quantidade, em toneladas, de minério calcinado que desejam despejar no Forno. Os tubos, através dos *radares* presentes em suas balanças, distribuirão o minério *de modo automatizado* pelo interior do Forno, e *se fecharão automaticamente* assim que a quantidade estipulada for atingida. Se, mesmo assim, o banho estiver próximo do limite, *basta* utilizar um dos *seis canais de escória disponíveis* e extrair escória do forno. Dessa maneira, o Forno é esvaziado de escória e a altura do banho se reduz. Os dois³⁸ canais de metal também podem ser utilizados para extrair metal e diminuir a altura do banho. Vale lembrar, contudo, que a camada protetora de escória solidificada, a “crosta de escória” (FIG 14) *está protegendo* o refratário refrigerado pelas placas de cobre, então os riscos de dano são *mínimos*.

O último detalhe da operação ideal não está no Forno em si, mas na sala de controle. Ao operar o Forno, os Operadores de sala de controle têm diante de si uma tela na qual podem inserir comandos e alterar variáveis. A variável que nós focaremos, neste estudo, é chamada “potência”. Salientamos que outras variáveis estão presentes e são igualmente importantes na operação do Forno. Porém, para poupar o leitor de detalhes técnicos excessivos, trataremos da potência, que é a variável que controla a energia elétrica direcionada ao Forno e, conseqüentemente, o calor que ele produz. Essa variável é essencial para a produção. A potência é uma medida da quantidade de megawatts utilizados pelo forno no decorrer de uma hora. A unidade, portanto, é expressa por MW/h. O Forno elétrico

³⁸ O Forno possui seis canais de extração de escória mais dois canais de extração de metal.

pesquisado tem uma das maiores capacidades energéticas do mundo: enquanto outros fornos destinados à produção de níquel têm a capacidade máxima de utilizar 50 MW/h, o Forno da planta pesquisada tem a capacidade nominal de 85 MW/h. A operação ideal precisa manter a potência do Forno em um número constante e sempre alto, em torno de 80 MW/h. Desse modo, o calor interno provoca uma única dilatação térmica no refratário, sem variações, e isso aumenta sua vida útil. Se os valores da potência variarem bruscamente, por exemplo, os tijolos refratários também iriam contrair-se e expandir-se bruscamente, o que poderia fragilizá-los e torná-los quebradiços. Manter a potência a um nível constante, sem elevações ou reduções bruscas, é uma medida necessária para a operação ideal. Para se ajustar e determinar a potência, ou seja, um valor de MW/h para o Forno, os Operadores de sala digitam um comando em sua tela principal na sala de controle.

Finalizando o “passeio” pela operação com a explicação sobre os canais, bicas, limite do banho e a potência, chegamos ao término do processo produtivo do Forno redutor. Após o vazamento pelas bicas, o metal será transportado para a próxima etapa da produção, onde será refinado e então será expedido e comercializado.

Essas explicações e informações sobre o funcionamento do Forno foram um itinerário básico e simplificado de seu funcionamento. Tal itinerário pertence, como alertamos no início, ao mundo ideal. O itinerário resumido, com todas as etapas da operação ideal, seria:

1. O Calcinador termina de produzir o minério calcinado. A quantidade de carvão utilizada *foi ideal*, portanto não ocorrerá a liberação excessiva de gases no Forno.
2. A produção do Calcinador é pesada na balança do CTS e a quantidade produzida *é precisamente calculada*.
3. O CTS traz a quantidade *já medida* de minério calcinado até os silos de alimentação.
4. O minério é despejado nos silos de alimentação. Enquanto está armazenado no silo, o minério é pesado novamente, para conferência dos dados e para *aumentar o grau de certeza*.
5. Depois disso, o minério calcinado é despejado no Forno através dos tubos de alimentação, que *funcionam automaticamente*, colocando a quantidade *exata* determinada pelos Operadores de sala de controle.
6. Dentro do Forno, o minério é aquecido pelo arco elétrico dos seis eletrodos. A potência utilizada *é constante* e em torno de 80 MW/h.

7. O minério calcinado funde, se tornando líquido, e o níquel decanta enquanto a escória sobe à superfície. O banho de escória e metal é formado.
8. O banho de metal e escória é mantido *sempre* nos limites estipulados, sendo constantemente monitorado e controlado. Além disso, a crosta de escória *protege o refratário*.
9. O canal de escória é aberto e ela é vazada *constantemente*. Assim, o nível do banho é reduzido e o processo se torna contínuo.
10. Finalmente, o metal é extraído e levado à próxima etapa da produção.

A marca de uma operação estável, na qual tudo funciona como esperado, é o controle do nível do banho de metal e escória no interior do Forno. Se a operação consegue realizar esse controle com sucesso, a operação é considerada bem sucedida.

Resumindo: como as temperaturas necessárias para formar o banho, ou seja, para derreter o minério calcinado, são muito altas, os operadores precisam constantemente se preocupar com os danos que o calor pode fazer a todos os componentes do Forno, principalmente aos refratários. Em outras palavras: é necessário sempre levar em consideração, ao escolher a potência do forno, o risco em potencial que ela representa para os tijolos. Afinal, esses tijolos irão se expandir com o calor e se contrair ao esfriarem. Um regime de constantes expansões e contrações poderia danificá-los mecanicamente e fragilizá-los. Alterar os valores da potência bruscamente, alternando entre altos e baixos, os danificaria. Portanto, existe um equilíbrio complexo no funcionamento do Forno, que precisa de muita energia para gerar altas temperaturas, mas que também precisa ter sua vida útil estendida pelo maior tempo possível.

Essa complexidade da operação do Forno será vista a seguir na prática, através da narrativa de um dia comum no cotidiano operacional que irá se contrastar com a imagem ideal que pintamos aqui.

4.4 O funcionamento do Forno na prática: a experiência dos operadores e o mundo da flexibilidade operacional

Nesta seção explicaremos o funcionamento do Forno de acordo com um resumo de todas as anotações, entrevistas e acompanhamento de caráter etnográfico feito na área da Redução ao longo do mês de março de 2012. A explicação se dará através de uma crônica que sintetiza o dia a dia da Operação observado ao longo de meses e contando com algumas transcrições literais de diálogos que ocorreram entre Operadores de sala de controle nesse período. A crônica será marcada através do itálico e intercalada por explicações de cunho mais técnico. Segue o início da crônica:

São sete da manhã. O turno matutino está para começar e os operadores já chegaram à planta. Assim que adentram a sala de controle, lá encontram os operadores do turno da noite, finalizando o expediente, preparando-se para ir embora. Ambos os grupos iniciam uma conversa sobre os acontecimentos do turno da noite e a situação atual do Forno. O operador do turno da noite diz ao colega recém-chegado:

– O CTS parou duas vezes. Foi preciso parar o Forno, reduzir a potência, e ir vazando escória quando deu. Estava difícil, a temperatura estava baixa, então conseguimos vazar pouca coisa – diz o operador da noite.

– E a situação agora, qual é? Vocês não conseguiram vazar tudo? Tem muito calcinado dentro do Forno? – pergunta o operador do turno matutino.

– A gente até estava vazando bem no começo. Mas daí o CTS parou de funcionar e o Sensycal³⁹ desarmou o Forno duas vezes. Tivemos que religar e esperar. O Forno está cheio de material, não conseguimos vazar tudo. A escória também estava difícil. Muito viscosa e também veio com muito carvão. Soltou muito gás, tivemos que reduzir mais ainda a potência para diminuir a liberação de gases e o despoeiramento não sobrecarregar. Daí perdemos muita temperatura – completa o operador da noite.

³⁹ “Sensycal” é o sistema que regula a entrada e a saída de toda a água utilizada na operação do Forno. Quando o sistema identifica alguma impureza na água de saída, ele desarma o Forno, desligando sua energia. Historicamente, nessa operação, o Sensycal provocou inúmeros desarmes. Em um workshop realizado na planta no final de 2012, o mistério havia sido descoberto: a água enviada ao Forno, vinda de outra área, estava sendo tratada incorretamente, segundo os parâmetros do sistema. Felizmente, o problema foi identificado, mas não antes de ter desarmado o Forno frequentemente durante, aproximadamente, um ano inteiro de operação.

– E o CTS agora? – pergunta o operador matutino.

– Acionamos a manutenção. Na primeira vez eles vieram rápido, mas da segunda demoraram mais e disseram que vão terminar o reparo até às 8h. Vocês terão de agir sem o CTS até lá. Tentar retirar o máximo de escória de dentro do Forno – aconselha o operador da noite.

O operador de sala que acaba de chegar respira fundo.

Nesse ponto precisamos interromper a crônica para algumas explicações, pois muitos fatores importantes estão em jogo: a qualidade da escória, a quantidade de carvão presente no calcinado, a parada em função do CTS, o desarme do Forno provocado pelo Sensycal. Os operadores desse turno, diante desse quadro, precisarão mitigar, ao longo das próximas 8 horas, os problemas enfrentados pelo turno anterior.

De posse da narrativa do colega, o Operador matutino sabe o que fazer. A saída é vaziar a maior quantidade possível de escória do interior do Forno. Contudo, algumas perguntas vêm à mente: *“quanta escória existe dentro do forno? Quanto calcinado?”* Ele não sabe e não tem como saber. As razões para isso são múltiplas:

1. As balanças do CTS e do silo de alimentação estavam desreguladas. Apesar de sua regulação ser extremamente complexa, não era esperado que elas estivessem desreguladas. Inicialmente, a Operação se baseou nos resultados da balança dos silos para calcular a quantidade de calcinado que estava sendo despejada no Forno. Confiando na balança, assim seguiram por meses a fio. Contudo, ao conferir os valores desta com a balança do CTS, a Operação obteve valores muito diferentes. De posse de dois valores conflitantes, a operação passou a considerar a balança do CTS a mais confiável, por razões que serão analisadas no tópico 2. Contudo ficou claro, após a constatação da diferença das medições, que havia um problema ligado a regulação das balanças. Desde então, saber a quantidade precisa de minério calcinado despejado no Forno, através das balanças, não foi mais possível.
2. Os radares dos tubos de alimentação, que deveriam despejar a quantidade estipulada de minério e depois se fecharem automaticamente, não funcionavam. Os Operadores precisavam efetuar comandos manualmente, nos softwares da sala de controle, para abrir as válvulas dos tubos e depois para fechá-las. Durante esses momentos, a atenção dos Operadores precisava estar focada exclusivamente em abrir e fechar essas válvulas, o que ainda os fazia perder tempo. A precisão desse método, se comparada a um cenário ideal

no qual os radares dos tubos funcionam, é muito inferior. Portanto, a quantidade de material despejado diretamente no Forno também não podia ser conhecida com precisão. O defeito nos radares também levou a Operação a considerar que toda a tecnologia envolvida com a alimentação não era confiável, o que motivou a decisão – mencionada no item 1 – de não confiar nas balanças dos silos de alimentação e preferir a balança do CTS.

3. O sistema de medição por barra não funcionou por muito tempo. As barras eram rapidamente consumidas devido às altas temperaturas da escória e do metal. Portanto, não se conseguia medir o nível do banho dessa forma.
4. O exame mais direto, pela janela de inspeção, não era eficaz. Como relatou um operador, era comum que a porcentagem de carvão presente no calcinado estivesse alta, o que ocasionava a liberação de gases em uma quantidade superior à capacidade que o sistema de despoejamento conseguia extrair. Esses gases impediam a verificação visual do interior do Forno.
5. O número de termopares, que seriam úteis para medir a temperatura externa das paredes e, assim, avisar aos Operadores quando o calor estivesse muito intenso – o que indicaria um nível de banho alto – não era suficiente para cobrir toda a extensão do Forno. Uma solução viável seria a de pedir a compra de mais termopares. O processo, no entanto, é complexo: uma compra pode demorar, em média, de dois a três meses para ser aprovada. No momento que isso acontece, o processo de licitação será aberto, e a compra será realizada depois que a licitação terminar. Isso pode levar ainda mais tempo. Com a compra realizada, o produto deverá ser transportado até a planta. Contudo, ela está localizada em uma área de difícil acesso, muito distante dos principais centros comerciais do Brasil. A condição das estradas não é boa, além de tudo. O resultado é que esperar a resolução de um problema através da compra de novos materiais pode ser uma aposta arriscada e, certamente, muito demorada.

Como não podiam saber o nível do banho e nem a quantidade de carga dentro do Forno, os operadores tinham que, como eles mesmos dizem, “operar às cegas”. O leitor pode buscar conforto na ideia de que, caso o volume do banho estivesse muito elevado, talvez os tijolos sem refrigeração pelas placas de cobre pudessem suportar o contato direto com a escória por pelo menos algum tempo. No entanto, em vista das constantes paradas na produção ocasionadas por frequentes episódios de mau funcionamento do CTS e de desligamento do Sensycal, o valor da potência variou muito, pois o Forno foi desligado várias vezes, fazendo o valor da potência cair para zero instantaneamente e gerando assim um choque térmico que prejudicava a resistência de todos os tijolos. Outro fator que provocou a

redução brusca da potência foi a quantidade alta de carvão presente no minério calcinado, que provocou aborbulhamentos na escória e forçou os Operadores a reduzirem a potência para diminuir a liberação de gases.

Dentro desse cenário problemático – embora cotidiano e comum – a Operação agia. A solução encontrada pela Operação, nesse exemplo, era vaziar escória, fosse qual volume indeterminado estivesse dentro do Forno. Para isso, o Operador precisaria aumentar o calor no interior do Forno – ou seja, ajustando a potência a um valor maior – para que o minério calcinado que estivesse no interior derretesse e a escória fosse aquecida. Uma escória aquecida torna-se também mais fluida, o que pode facilitar o vazamento. Conhecendo as razões para essa estratégia, podemos retomar a crônica:

Os Operadores de sala aumentam gradualmente a potência do Forno. Os Forneiros do turno matutino se preparam, pois irão vaziar a primeira escória do dia. Ao abrirem o canal, algo muito comum nos últimos meses volta a acontecer: acúmulo de escória solidificada na bica, o chamado “build-up”.

Interrompemos a crônica, novamente, para explicar o que é um build-up. O build up é o acúmulo de escória que se solidifica no canal enquanto o vazamento está acontecendo. Se não for extraído, o acúmulo pode obstruir o canal, fazendo com que a escória transborde pelas laterais da bica e se espalhe pelo chão. A formação de build-up é um fenômeno recorrente desde o começo da operação. Portanto, são necessários, a cada vazamento, no mínimo cinco ou seis Forneiros. Fazendo duplas, eles seguravam barras de ferro e se aproximavam das bicas (como visto na figura 7), empurrando manualmente o build up canal abaixo⁴⁰. Evidentemente, a temperatura da região próxima às bicas é elevada, portanto trata-se de uma atividade de alto risco, como também muito cansativa. Por depender tantos Forneiros em uma única ocorrência, é possível resolver somente um vazamento por vez, apesar de existirem, além da utilizada, outras cinco bicas disponíveis. Muitos Forneiros, ao notarem o build up, acreditaram saber a razão do problema: o ângulo das bicas. Na avaliação desses Forneiros, principalmente dos mais experientes, provindos de outras plantas, as bicas da planta que pesquisamos eram atipicamente planas, com um ângulo de inclinação de 11° graus em comparação ao de outras, com 15° graus, segundo os entrevistados. A relação entre o ângulo da bica e a ocorrência de build ups é simples: quanto mais plana for a bica, menor será a velocidade com a qual a escória corre pela bica. Ao correr lentamente pela bica, a escória perde temperatura e acaba se

⁴⁰ Pode-se comparar esse vazamento, com build-up, a um no qual ele não ocorreu, como o representado na figura 12.

solidificando no caminho. Uma bica mais curta e mais inclinada, pelo contrário, faria – em função da força da gravidade – a escória correr mais rapidamente da bica até o pote, não restando tempo suficiente para perda de temperatura e, conseqüentemente, para acúmulo de escória solidificada no canal. Além disso, mesmo com a ocorrência de acúmulos, uma bica mais inclinada seria mais fácil de limpar, novamente, em função da força da gravidade. A escória solidificada, ao ser empurrada pelos bastões dos Forneiros, deslizaria mais facilmente pela bica se ela tivesse uma inclinação maior.

E, assim, finalizamos a crônica:

Quando os Forneiros conseguem resolver o problema do primeiro vazamento, por fim, os dois Operadores se despedem. O turno da manhã começa.

A pequena narrativa acima nos serviu para ilustrar o cotidiano da troca de turnos na Operação e os problemas enfrentados na prática do uso do Forno. A gama de variáveis que podem atuar como obstáculos a uma operação estabilizada são muitos: a composição da escória, a quantidade de carvão presente no minério calcinado, as constantes paradas do CTS, a dificuldade em vaziar escória, os desarmes do Sensycal, dentre outros. Além disso, o Forno está em um dos últimos estágios do sistema de produção. Todos os problemas que surgiram nos estágios anteriores, que também têm suas dificuldades específicas, terão um impacto na composição do minério calcinado que é despejada no Forno. O Forno “herda”, portanto, os problemas de todas as instâncias anteriores a ele. Se, por exemplo, o Calcinador sofrer alguma parada, seja ela programada ou não, o Forno deixará de receber calcinado e, com isso, poderia ficar vazio após vaziar o que tem em seu interior. Se acontecer isso, a potência precisaria ser reduzida, pois uma potência elevada, aplicada a um Forno vazio, iria agredir o refratário, em função da alta radiação que atingirá os tijolos. Somente se pode aumentar a potência quando o Forno está, nas palavras dos Operadores, “alimentado”, pois o minério calcinado recebe a radiação que atingiria o refratário, protegendo-o. Por esse motivo, a “alimentação” constante do Forno é também um fator determinante para a estabilidade operacional. E tal fator não pode ser atingido caso a alimentação do Forno seja interrompida constantemente, seja por problemas constantes do CTS, seja por paradas não programadas em outras áreas da planta. O regime constante de paradas sofrido pelo Forno, suspeitam muitos membros da Operação, provavelmente contribuiu para uma fragilização das paredes refratárias. As razões para essa suspeita serão analisadas neste capítulo, na seção “Descobertas pós-vazamento espontâneo”. Além dos problemas oriundos de outras áreas e do CTS, muitas das outras tecnologias periféricas e do próprio Forno não funcionavam como esperado, a exemplo dos desligamentos

provocados pelo Sensycal, do desregulamento das balanças do CTS e dos silos de alimentação, e da baixa inclinação das bicas de escória – nas quais muitos build ups aconteciam e tanto dificultavam os vazamentos.

A Operação veio enfrentando essa gama de problemas desde o início, logo após o start-up. É possível agrupar essas adversidades em três grupos distintos: aos problemas advindos de outras áreas, chamaremos de “problemas de interface”; aos problemas advindos das próprias tecnologias do Forno e de seus sistemas periféricos, iremos nos referir como “problemas tecnológicos”; aos problemas de compra e demora na reposição de peças e instrumentos, que está relacionado à burocracia do processo de compras que atrasa a reposição, chamaremos de “problemas institucionais”. Os três grupos resumem o cotidiano difícil enfrentado por Operadores ao longo de dezesseis meses de operação. O quadro que pintamos, ao final desta seção, cria um grande contraste com o anterior, no qual explicamos como se esperava que tudo fosse funcionar, partindo de um ponto de vista prescritivo. Com a nova perspectiva trazida pelos problemas de interface, tecnológicos e institucionais que afetavam a estabilidade operacional, trazemos um ponto de vista diferente, mais próximo ao da “atividade real”.

Para reforçar o contraste entre o prescrito e o “real”, iremos repetir a sequência operacional apresentada na seção anterior e, dessa vez, reformular o itinerário da operação apresentado nas páginas 83 e 84, agora despidos de elementos prescritivos e vestidos com a prática observada em campo:

1. O Calcinador terminou de produzir o minério calcinado. Ele não sofreu nenhuma parada, dessa vez. A quantidade de carvão utilizada pode ter sido alta ou não, pois adicionar uma quantidade extra de carvão é um recurso, às vezes, necessário para a operação do Calcinador. Não se saberá a qualidade do minério calcinado até que ele seja despejado dentro do Forno e a escória comece a borbulhar, subindo de nível. É um risco sempre presente.
2. O minério calcinado é colocado na balança do CTS. A balança sugere um número, que a Operação supõe não ser preciso, mas dada a ausência de balanças precisas na área, é o único parâmetro disponível.
3. O CTS é acionado para levar o minério até os silos de alimentação. Não raramente, o equipamento é paralisado em função de impurezas nos trilhos detectadas pelos radares de seus sistemas, que travam seu funcionamento. Outros problemas no CTS também ocasionam seu travamento, portanto trata-

se de uma tecnologia não confiável, cujo desempenho é imprevisível. Para os fins do nosso exemplo, suponhamos que, mesmo após uma parada, o CTS tenha conseguido realizar uma entrega. O atraso é sentido pela operação, que precisou reduzir a taxa de alimentação do minério calcinado que já estava nos silos de alimentação por temer esgotá-lo e ficar sem material para alimentar o Forno. Além disso, é preciso reduzir a potência gradativamente, para que, em função da escassez de calcinado no interior do Forno, a radiação gerada pela potência não agrida o refratário.

4. Enquanto está armazenado no silo, a quantidade de calcinado é pesada novamente, e então um novo valor surge, com muitas toneladas de diferença do valor exibido pela balança do CTS.
5. Depois disso, o calcinado é despejado no Forno através dos tubos de alimentação, que somente funcionam manualmente, pelo comando direto dos Operadores. Em função disso, os operadores de sala precisam priorizar a abertura e o fechamento os tubos, colocando outras atividades importantes, como o exame constante dos termopares que estão funcionando, em segundo plano. A falha do sistema de automação também provoca imprecisão da quantidade de calcinado sendo despejada dentro do Forno, pois ela fica a cargo do Operador que não dispõe do auxílio da balança e do radar dos silos para determinar a quantidade de calcinado que está sendo despejada. Tal problema dificulta o controle do nível do banho, por não se conseguir precisar a quantidade de metal e escória que será produzida.
6. Dentro do Forno, o minério é aquecido pelo arco elétrico de seis eletrodos. Porém, a potência não é constante e não se aproxima da capacidade nominal, em função das paradas sofridas em outros equipamentos na planta, das paradas ocasionadas pelo CTS e pelos desligamentos provocados pelo Sensycal.
7. O minério calcinado funde e o banho de escória e metal é formado. Em função do item 1, as vezes a escória libera gases, borbulha e eleva a altura do nível do banho. A Operação não tem condições de prever quando isso vai acontecer, somente de reagir após essa ocorrência. Além disso, como a Operação carece de ferramentas de controle, o nível pode estar alto ou baixo sem que os Operadores tenham condições de medi-lo.
8. O canal de escória é aberto, porém a escoria não vaza pelo canal como esperado. A corrida é lenta, e muita escória se solidifica no meio do canal,

formando muitos build-ups que precisam ser constantemente limpos. Isso atrasa e diminui a quantidade de vazamentos feitos a cada turno.

9. Finalmente, depois de contornar todos esses obstáculos, o metal é vazado e pode ser transportado para o Refino.

Esses desafios servem para que possamos compreender experiência vivida dos operadores. Assim podemos entender as contribuições e julgamentos que fizeram posteriormente, no contexto do reprojeto do Forno. Chamaremos esse conjunto de experiências vividas de “mundo da variabilidade operacional”, em referência as “variabilidades industriais” (GARRIGOU et al., 1995, p. 315) narradas nessa seção. Pode-se dizer que esse mundo é composto por uma concepção mais instrumentalista da tecnologia, considerando que esse é o mundo dos usuários. Esse mundo instrumentalista entrará em choque, como veremos, com mundos pautados pelo determinismo tecnológico.

Como mencionado na seção anterior, a marca de uma operação estável é o controle do nível do banho de escória e metal dentro do Forno. Na perspectiva da Operação, até abril de 2012, apesar da longa lista de fatores que dificultaram o controle do nível do banho – além de muitos alegarem que a altura do limite do banho, com 1,50 m, era estreita demais se comparada ao limite de outros Fornos – muitos estavam confiantes de que haviam conseguido manter o nível do banho dentro da restrição estabelecida pelos Projetistas alemães. Sob esse ponto, é possível indagar: “por que o limite, e o projeto como um todo, foram feitos dessa forma?”. Portanto, para melhor compreender os princípios que parecem ter guiado o projeto do Forno original que descrevemos acima, iremos analisar, com maior cuidado, o “mundo dos Projetistas alemães”.

4.4.1 Projetistas alemães: o mundo da otimização energética⁴¹

Baseando-nos nas considerações de Béguin sobre os diferentes “mundos” dos projetistas e dos operadores, e também sobre a “cristalização” de valores e de pressuposições durante o desenvolvimento de sistemas tecnológicos, podemos entender que o projeto do

⁴¹ A escrita dessa seção se baseia em fontes indiretas, como entrevistas com operadores e projetistas que tiveram contato direto com os Projetistas alemães.

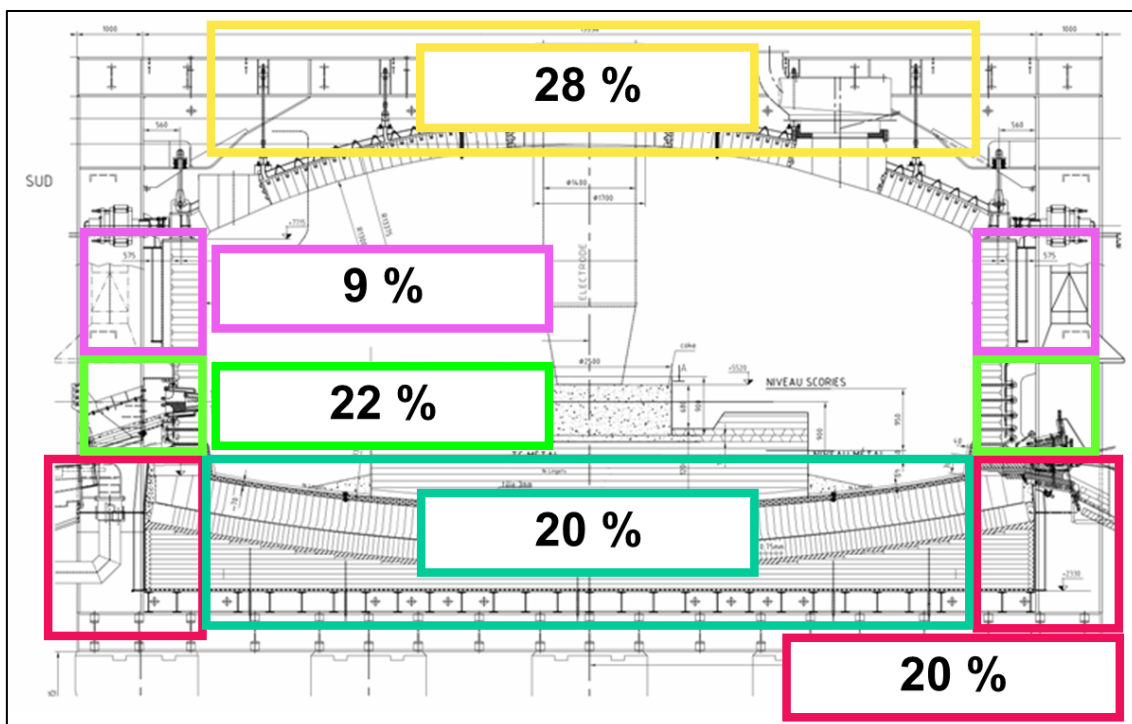
Forno original também estava carregado de pressuposições sobre seus usuários e sobre sua rede tecnológica. De um modo geral, classificaremos esse conjunto de pressuposições como o “mundo da otimização energética”.

Como vimos anteriormente, um dos principais parâmetros para uma operação estabilizada, no Forno original, é o controle do nível do banho de metal e de escória líquidos dentro do Forno. E, como também vimos, tal controle, na prática, não foi possível de ser realizado plenamente, devido tanto a “problemas de interface” quanto a “problemas tecnológicos”.

Segundo os entrevistados sobre o caso, ao olharem em retrospectiva e analisarem o projeto original, a interpretação consensual é: o objetivo do projeto original era o de conseguir o melhor aproveitamento energético possível. Isso significou, em outras palavras, um projeto com um afinamento muito preciso e sutil entre o sistema de gasto de energia e os sistemas de refrigeração do Forno. Explicando de modo simplificado: o Forno é alimentado pela energia elétrica. É através da criação de um arco elétrico entre os eletrodos que é gerado o calor responsável por aquecer a escória e o metal até temperaturas de 1700°C. Contudo, as paredes do Forno são constituídas de refratário que, apesar de ser resistente ao calor, não pode suportar, sozinho, a intensidade da temperatura do banho. Por esse motivo, o Forno precisa de sistemas de refrigeração eficientes que protejam seus tijolos, por criarem uma crosta de escória solidificada que os protege (FIG. 14). No entanto, ao refrigerar os tijolos, o que as placas de cobre também estão fazendo é, em termos leigos, extrair calor do interior do Forno. De certo modo, os sistemas de refrigeração estão retirando parte da energia gasta para aquecer o banho de metal e escória e, portanto, sob essa lógica, um Forno com um sistema de refrigeração muito robusto poderia elevar o custo de produção, pois mais energia seria gasta para o aquecimento do calcinado e do banho de metal e escória.

Objetivando atingir um equilíbrio ideal entre refrigeração e aproveitamento energético, os Projetistas alemães projetaram o Forno original com um limite de banho que precisava ser respeitado, pois as paredes superiores não eram refrigeradas. Para entendermos melhor a dinâmica térmica do projeto, vamos analisar uma figura (FIG. 19) criada pelos Projetistas:

Figura 18 – O conceito do projeto alemão



Legenda: As porcentagens representam a “perda de calor” nas respectivas áreas. As placas de cobre, com maior refrigeração, extraem 22% do calor a que são expostas. A parede superior, que não contém placas, perde 9% do calor, agindo, na avaliação dos Engenheiros da Operação, praticamente como um “isolante térmico”.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012.

A figura 19, criada para ilustrar a dinâmica térmica interna do Forno, fornece pistas sobre os critérios utilizados pelos Projetistas alemães para a criação do Forno original. Ela mostra que as partes em contato direto com o banho de escória e metal estão refrigeradas, sendo que a maior refrigeração se concentra na região onde estão as placas de cobre, que apresentam uma perda térmica de 22%. 40cm⁴² acima dessa região está a parede superior, que perde apenas 9% do calor que recebe. Nesse sentido, o que parece ter guiado os Projetistas alemães foi a ideia de criar um Forno que extraísse o calor – através da refrigeração – do modo mais eficiente possível, no sentido de evitar desperdícios de energia. Se as placas de cobre retiram calor na parte inferior, as paredes superiores isolam e mantêm o calor que sobe em direção a abóboda do Forno, perdendo, somente, 9% da energia consumida. Nesse sentido, há uma razão para que as paredes superiores não sejam refrigeradas, pois, assim, elas manteriam o calor dentro do Forno e o gasto energético seria reduzido, já que o calor seria

⁴² Entre as placas de cobre e a parede superior, que não dispunha de refrigeração, havia uma área de segurança de 40cm.

aproveitado ao máximo. Além disso, como não era esperado que o volume do banho de metal e escória subisse até o nível das paredes superiores, elas não precisariam da proteção.

Alguns trechos do manual, listados por um dos entrevistados, sublinham a importância da manutenção de um banho de metal e escória dentro dos limites estipulados. Conjuntamente, eles indicam maneiras de se garantir que o banho não se distancie dos limites estipulados, nas seguintes passagens:

Uma medição de nível do banho é executada baixando uma haste metálica rapidamente para dentro do forno. Numa posição fixa a haste é parada e mantida dentro do banho durante 30 segundos. Isso dá tempo para que o metal possa formar uma camada na haste. Então a haste é puxada rapidamente para cima, até o ponto onde o nível pode ser lido. Para o olho experiente será visível a diferença entre a escória e o metal, mostrando a altura total e a altura individual da escória e do metal. [...]

Deve ser executada no mínimo uma medição de nível em cada turno. A frequência pode ser reduzida uma vez que tenha sido adquirida experiência suficiente. [...]

Para uma operação estável, o melhor é manter os níveis do banho tão estáveis quanto possível. Para uma operação segura, os valores devem permanecer dentro dos limites estipulados. Uma série de problemas [...] pode ser evitada seguindo-se as instruções. Primeiramente, o desvio dos níveis pretendidos pode não causar problemas diretamente, mas aumenta-se o risco disso ocorrer, o que é desnecessário. **Em segundo lugar, a incapacidade de controlar os níveis do banho é um sinal de mau controle do processo como um todo, do qual os níveis do banho são apenas um indicador.** [...]

Os valores pretendidos são:

- Faixa do metal: banho de metal de +5 a +15 cm acima do furo de corrida de metal
- Valor máximo do metal: a altura do metal permitida é de +15 acima do furo de corrida de metal
- Faixa da escória: **banho de escória de 0 a +42⁴³ cm acima do furo de corrida de escória** (ou de +114 a +156 cm acima do furo de corrida de metal)
- Valor máximo da escória: +42 cm acima do furo de corrida de escória (ou +156 cm acima do furo de corrida de metal). [...]

Nenhum cálculo teórico pode garantir de fato a altura dos níveis de metal e escória. Indicações e tendências são possíveis, mas pequenos desvios da realidade nos cálculos vão causar sérios problemas após um tempo mais longo, especialmente se os níveis de metal e escória estiverem acima do

⁴³ A margem original é de 42 centímetros. Para fins de simplificação, arredondamos, neste estudo o valor para 40cm.

estimado. **Por isso é essencial que as medições do nível do banho acima descritas sejam realizadas regularmente.**⁴⁴ (negrito nosso)

Segundo essas instruções, é indispensável que a Operação monitore o nível do banho de metal e escória através da medição por barra de ferro (descrita neste capítulo) que deve ser realizada, no mínimo, uma vez por turno. Caso seja diagnosticado um banho elevado, então a solução, também indicada no manual, é:

Se o nível de metal estiver acima do valor máximo estipulado de +15 cm acima do furo de corrida de metal, a operação deve ser adaptada para retornar abaixo desse nível tão logo for possível fazê-lo com segurança, **através do aumento da corrida de metal e/ou da redução da carga do Forno.**⁴⁵ (negrito nosso)

Portanto, em caso de um banho elevado, a Operação é orientada a aumentar a extração de metal e de escória. Em razão disso, compreendemos que esse projeto tem como pressuposto a noção de que o Forno original teria suas tecnologias periféricas em um estado de funcionamento igualmente preciso e afinado. Pode ser notada, nos trechos citados, uma aposta no sistema de aferição do volume do banho de metal e escória por barra de ferro e na eficiência das bicas de metal e escória. Caso alguma dessas tecnologias falhasse – o que de fato ocorreu, pois tanto o sistema de aferição por barra quanto as bicas de escória não funcionaram como esperado – o projeto enfrentaria dificuldades, pois o Forno não fora concebido para suportar variações térmicas e variações no volume do banho de metal e escória. Se houvesse alguma dificuldade no vazamento de escória, não apenas em função da formação de build-ups mas, em outros exemplos, em função da indisponibilidade de caminhões Kress ou em função de qualquer problema que acarretasse lentidão, a Operação seria forçada a acumular volumes cada vez maiores de calcinado e de banho de escória e metal dentro do Forno, principalmente se fosse surpreendida com um problema. Em um cenário como esse, a Operação poderia precisar ultrapassar o limite máximo do banho enquanto aguardasse, seguindo nosso exemplo, que as bicas de escória estivessem disponíveis para realizar vazamentos. Como, na realidade, tal opção não era prevista pelo projeto, havia apenas duas saídas: a) arriscar e ultrapassar o limite mesmo assim, tendo então um segundo par de escolhas: 1 - apostar na resistência momentânea das paredes superiores ao contato direto com o volume elevado de escória; 2 - reduzir bruscamente o valor da potência. Em ambos os casos, a Operação estaria assumindo o risco de danificar o refratário e, na opção 2, também

⁴⁴ W, Engenheiro brasileiro. Brasil, Setembro, 2012. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

⁴⁵ W, Engenheiro brasileiro. Brasil, Setembro, 2012. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

assumiria o risco de esfriar o interior do Forno ao ponto de deixar o banho de metal e escória se solidificarem; b) Paralisar a produção de toda a linha, para aguardar até que as bicas estivessem disponíveis novamente. Tal ação também danificaria o refratário em função do choque térmico que ele sofreria.

Considerando o cenário descrito, podemos entender que há uma pressuposição, incorporada no projeto original alemão, de que não somente as tecnologias periféricas ao Forno como também todas as áreas da planta estariam em pleno funcionamento, sem variações. Caso uma variação brusca ocorresse, como o exemplo acima, o projeto não fornecia opções de “manobra” para seus usuários contornarem imprevistos.

Além de pressupor que a rede tecnológica periférica estaria em funcionamento afinado com as demandas do Forno, o projeto original também carrega em si a pressuposição de um usuário que está sempre no controle do banho de metal e escória. A margem de 40cm entre as placas de cobre e a parede superior foi considerada muito pequena pela Operação como um todo, ainda que se possa inferir que o projeto alemão supôs que seus usuários não enfrentariam dificuldades com o limite do banho. Há, aqui, uma noção simplificadora da atividade do operador. Nessa simplificação, cabia à operação somente manter o banho no controle, pois todas as outras tecnologias funcionariam como esperado e, em função disso, toda a afinação entre todos os instrumentos faria uma sinfonia precisa e harmônica, na qual o refratário do Forno seria protegido sem haver, ao mesmo tempo, perdas desnecessárias de calor. O projeto alemão restringia as opções de ação do usuário por desconsiderar a possibilidade de imprevistos. O usuário, nessa perspectiva, não pode agir para contornar problemas: tem sua ação restringida, tornando-se como um agente passivo, e não ativo, da operação. Temos, em outras palavras, um “modelo de usuário” que não é autorizado a “finalizar o projeto” (BÉGUIN, 2009. p. 118) mas, pelo contrário, é sobrepujado por ele. Um membro da Operação, ao falar do Forno original alemão, assim resumiu o projeto: “É um avião que você não consegue decolar nem pousar. Mas se colocar ele de algum jeito lá no céu, ele voa muito bem”⁴⁶. Entendemos, através dessa análise que, de certa forma, o papel atribuído ao usuário, na perspectiva alemã, sofreu influências tanto da concepção determinista de tecnologia, que resulta na supervalorização da tecnologia e da ciência. Entendemos que ocorreu, simultaneamente, uma supervalorização da tecnologia e uma subestimação da capacidade do usuário no projeto alemão. Em outras palavras, há uma desconsideração dos problemas reais que operadores/usuários têm de lidar e regular na operação.

⁴⁶ M, Gerente da planta. Brasil, Dezembro, 2012. Entrevista concedida a Rodrigo Ribeiro.

Apesar das dificuldades geradas pelas inúmeras fontes de “variabilidade industrial” (GARRIGOU et al., 1995, p. 315) na operação do Forno original, citadas ao longo desse capítulo, seus usuários estavam confiantes de que haviam conseguido se ater ao limite do banho de escória e metal com sucesso. Essa confiança foi abalada após um grande acidente industrial que levou o Forno a ser considerado como inoperável, o que será analisado a seguir.

4.5 O “batismo de fogo”

“Para nós, da Operação, o vazamento espontâneo foi um batismo de fogo”.

(Engenheiro da Operação)⁴⁷

No dia 21 de abril de 2012, o Forno redutor sofreu um grave acidente no qual a escória e o metal em forma líquida vazaram por um ponto inesperado: através de brechas entre tijolos da bica de metal. Segue uma fotografia (FIG. 20) do acidente:

⁴⁷ G, Engenheiro brasileiro. Brasil, Setembro, 2012. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

Figura 19 – Vazamento espontâneo



Legenda: Situação do dia 21/04/2012, às 00:53h.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Esse tipo de acidente é chamado de “vazamento espontâneo” ou “run-out” pelos profissionais do ramo. O acidente ocorreu durante uma extração na qual o metal líquido escapou por uma pequena fenda entre blocos de tijolos do canal de extração. A brecha, evidentemente, não era prevista e não se sabia de sua existência até a ocorrência do acidente.

Durante o evento, os funcionários foram orientados a evacuar a área ao invés de se arriscarem a tentar conter o vazamento, devido ao alto risco de explosões. Caso o metal líquido cobrisse uma poça de água, ao correr pelo chão, a reação química poderia produzir uma grande explosão. Depois do acidente, o Forno 1 não voltou a funcionar e sua linha de produção foi paralisada. Contudo, a planta industrial possuía duas linhas de produção e, com isso, o Forno 2 continuou produzindo. Até que, no dia 22 de junho de 2012, ele também sofreu um acidente semelhante – também um vazamento espontâneo – e assim a produção da planta foi totalmente paralisada.

Após o acidente, Projetistas da empresa alemã e membros da Operação iniciaram uma discussão técnica sobre a responsabilidade pelo ocorrido. Especialistas de diferentes países

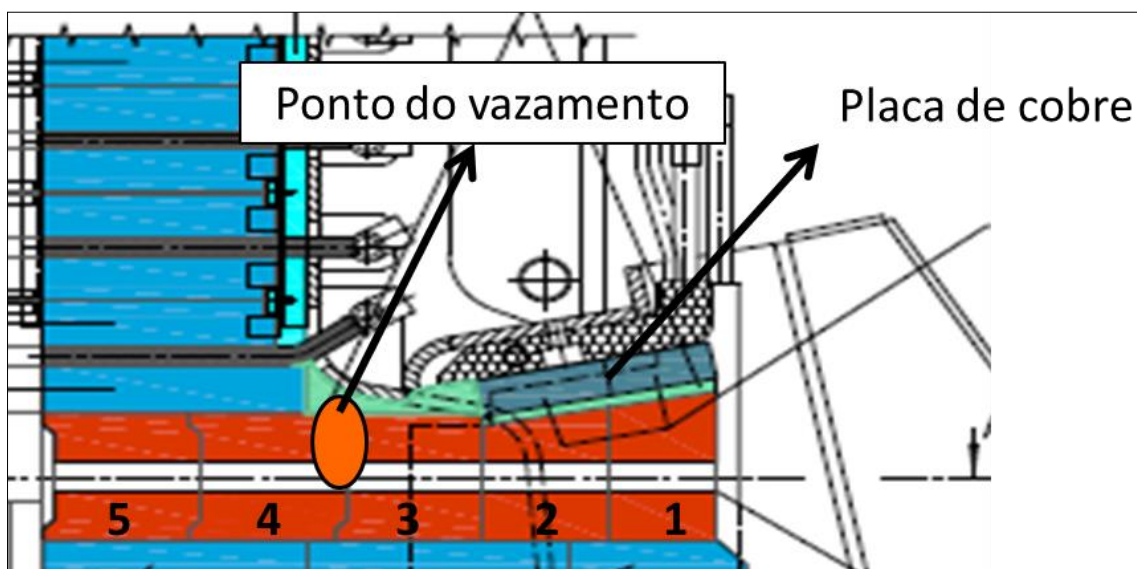
também analisaram o acidente. Transcorridos dois meses, experts com explicações afins e contrárias deram origem a dois grupos que defenderam as seguintes conclusões:

- 1) “o vazamento espontâneo é proveniente de erro na operação do equipamento”;
- 2) “o vazamento espontâneo é proveniente de erro no projeto do Forno”.

Os Projetistas alemães foram defensores da conclusão 1; e os membros da Operação, defensores da conclusão 2. Cada uma das posições contou com o aval de consultores brasileiros e estrangeiros. Tal discussão se somou às demais, ocorridas antes e depois da chegada de Phillip, o que contribuiu para um aumento ainda maior no desgaste entre a Operação e os Projetistas alemães.

Para tentar compreender as razões do evento, uma investigação foi iniciada após o acidente. O canal do metal, que era composto por cinco refratários⁴⁸, foi desmontado para facilitar essa investigação. A imagem (FIG. 21) abaixo apresenta o resultado:

Figura 20 – Representação do vazamento espontâneo



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (alterado pelo autor)

O círculo laranja representa uma brecha que foi encontrada entre o quarto e o terceiro tijolos do canal. O metal corre de dentro do Forno para o final desse canal, ou seja, do quinto

⁴⁸ O nome técnico desses tijolos é Anker T 17. Essa informação será importante para a compreensão dos dados a seguir.

tijolo até o primeiro. Contudo, durante uma extração rotineira, essa brecha – que até então não tinha surgido ou não era profunda o suficiente para causar um acidente – teria feito o metal escapar pela lateral, ocasionando o vazamento espontâneo.

Sob essa questão, poderíamos entender que tais problemas foram “antecipados”. Dois consultores técnicos haviam, inclusive, confeccionado relatórios apontando a possibilidade de problemas justamente na área representada pela FIG. 21. Em um deles, (FIG. 22) ocorre um alerta sobre uma possível fenda e, também, sobre o risco de infiltração de água nesses tijolos:

Figura 21 – Relatório técnico



Legenda: Relatório produzido em 24/10/2010

Fonte: Relatório técnico, 2010

O relatório acima mostra uma suposta descoberta de infiltração de água, coincidentemente, nos tijolos por onde ocorreu o “vazamento espontâneo”. A água, em contato com esse refratário, o fragilizaria e permitiria infiltrações de metal líquido. Outro relatório, que data de 21 de abril de 2011, relata que a equipe operacional havia encontrado pequenas infiltrações de metal ocorridas justamente no terceiro e quarto tijolos do canal do metal. O autor do relatório, um consultor técnico, analisou a infiltração e assim a descreveu:

Na 18a corrida ocorreu vazamento de metal na parte do forno acima e atrás do furo. Este metal foi exposto ao meio ambiente e solidificou espontaneamente. Isto obrigou à paralização da operação do forno.[...].

O furo de metal é revestido com 5 (cinco) blocos de refratário magnésiano queimado e impregnado. [...] Na ocasião do evento este refratário era o ANKER T 17 [...].

O que se pode resumir é que este material deve apresentar alta sensibilidade termomecânica, entendendo-se por isto elevada sensibilidade à alternância de temperatura e a gradiente não linear de temperatura. [...].

No caso [do canal de metal] ocorreu extravasamento de ferro níquel do interior até o exterior partindo da junção entre o terceiro e quarto blocos. Formou-se uma placa de metal de cerca de 10 mm de espessura. Mais tarde, com a demolição e remoção progressiva dos blocos 2 e 3, foram encontradas infiltrações não necessariamente na junção dos blocos, mas no meio do bloco 3. [...].

A infiltração de metal ocorreu principalmente entre os blocos 3 e 4. Alguma infiltração foi observada saindo do meio do bloco 3. A infiltração coincide com o que ocorreu na região onde não há refrigeração por meio de água e praticamente no trecho central do conjunto de blocos refratários. [...]

Observando-se o projeto do revestimento refratário na adjacência dos furos, **nota-se que em geral o sistema de refrigeração, embora não seja o ideal, é inexistente na área acima do bloco número 3 e entre este e o bloco 2. Foi justamente aí que ocorreu o vazamento de metal.** (Relatório técnico, 2011. p. 1 – 17) (negrito nosso).

O relatório indicou, com um ano de antecedência, que os tijolos que compunham o canal de extração não eram resistentes às altas temperaturas. Além disso, o consultor técnico alegou que a região do terceiro e quarto tijolos não possuía nenhuma refrigeração. Somente estariam refrigerados, segundo sua análise, o primeiro e segundo tijolos, como destacado na FIG. 22. O terceiro tijolo do canal estaria, segundo essa avaliação, sem refrigeração (que é feita através de placas de cobre).

Os dois relatórios anteciparam problemas que, posteriormente, foram considerados como problemas reais. Contudo, ambos devem ser entendidos com cuidado. Com efeito, muitos outros alertas – que provavelmente não se confirmaram – foram feitos antes e durante o início da operação e, no contexto em que foram feitos, não havia garantias de que estavam corretos. Tal convicção, nos casos que apresentamos, só veio depois, após o acidente, após muitas outras investigações e após a construção de um consenso entre os profissionais da planta. Portanto, a questão a ser avaliada não é, exatamente, considerar que o vazamento espontâneo *poderia* ser evitado. Essa seria uma noção anacrônica, simplificadora e injusta⁴⁹. A questão para qual ambos os relatórios parecem apontar é outra: a “blindagem” recebida pelos Projetistas estrangeiros. Como dissemos, as sugestões de alteração no projeto dos

⁴⁹ Ou, em outras palavras, uma “ilusão retrospectiva”.

equipamentos entregues e montados pelos fornecedores não foram, em sua maioria, levadas em consideração. Inferimos que isso se deu em função da opção, naquele contexto, pela priorização da garantia dessas tecnologias, do apoio dos fornecedores e, em última instância, pelo status privilegiado da prática projetual como um todo. Para abafar as desavenças técnicas, a opção política de Phillip foi a de não alterar o projeto original dos equipamentos que haviam sido montados na fábrica e de colocar seus respectivos Projetistas à frente da operação para evitar qualquer responsabilização da equipe operacional que pudesse vir posteriormente, caso algo não saísse como o previsto. Mas essa estratégia, apesar de ter aspectos positivos, também possuía o aspecto negativo de preterir a equipe operacional no controle da operação no início da produção. Ao nos colocarmos em contexto, na posição de Phillip e de outros gestores, notamos a complexidade, os dilemas sem solução fácil e a ausência de garantias palpáveis em qualquer que fosse o caminho escolhido. O contexto pode ser usado como um bom exemplo de um problema não estruturado⁵⁰. Relatórios como os apresentados *poderiam* ter razão e, nesse caso, os problemas *deveriam* ser tratados imediatamente. Mas quais? Estariam certos sobre todos os problemas? Sobre alguns? Sobre um ou dois? Por outro lado, uma alteração incorreta não somente representaria um prejuízo e um aumento nos custos de manutenção como, além disso, também resultaria, simultaneamente, tanto na perda de apoio das equipes de Projetistas que forneceram tal equipamento, quanto na perda da garantia comercial. A opção de evitar o risco de perder o apoio dos Projetistas foi baseada, segundo a nossa interpretação, em uma grande confiança no conhecimento “científico” dos fornecedores. Entendemos que, considerando o “mundo” do qual vinha, Phillip, que possui um PhD em sua área, priorizou aqueles que considerou terem uma formação mais “científica”.

Após as investigações sobre o vazamento espontâneo, a empresa brasileira, que tinha uma planta industrial parada em mãos, decidiu realizar a demolição dos Fornos, que foram dados como inoperáveis depois dos acidentes. A demolição, que visava abrir caminho para um futuro reprojeto, acabou propiciando não só uma investigação detalhada sobre as causas do vazamento espontâneo, mas também outra, sobre as condições internas do Forno. Teria a Operação, dadas as condições em que atuaram, sido bem sucedida em manter o banho de metal e escória dentro do limite? Os resultados dessas investigações vêm a seguir.

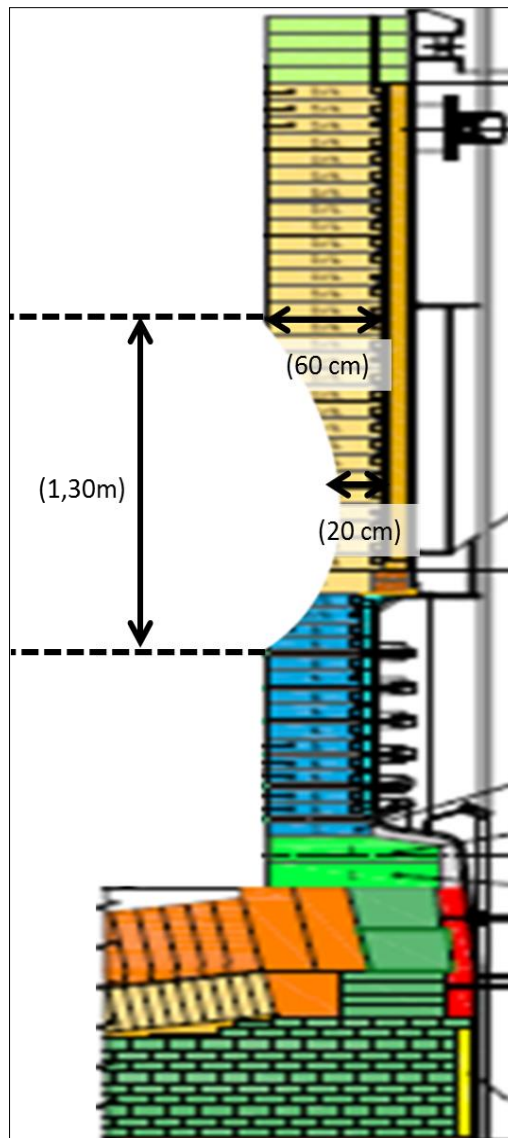
⁵⁰ Problemas “não estruturados” são aqueles para os quais não se conhecem todas as variáveis antes de que uma resposta seja exigida, diferentemente de problemas de matemática resolvidos nas escolas.

4.6 Descobertas pós-vazamento espontâneo: o início do caso das paredes refratárias

O processo de demolição e de investigação das condições internas do Forno foi iniciado em junho de 2012 e rapidamente trouxe muitos resultados. Ao longo dos meses de demolição, muitos problemas até então desconhecidos foram encontrados⁵¹. Um dos achados que mais surpreenderam os membros da Operação – encontrado em **setembro de 2012** – foi a extensa corrosão encontrada no refratário magnésiano das paredes do Forno que, para lembrar ao leitor, não dispunha da refrigeração proporcionada pelas seis placas de cobre (FIG. 17). A imagem (FIG. 23) a seguir mostra uma representação do desgaste encontrado:

⁵¹ Por uma questão de foco, não trataremos da discussão sobre as causas dos acidentes que ocasionaram os vazamentos espontâneos.

Figura 22 – Ilustração do desgaste dos tijolos da parede superior



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

O desgaste, encontrado em agosto de 2012, chegou à altura de 1,30m acima das placas de cobre nos pontos mais críticos. Os tijolos mais desgastados perderam aproximadamente 40 dos 60cm de comprimento que possuíam. Uma foto (FIG. 24) mostra um engenheiro segurando, em uma mão, uma barra de metal para mostrar onde os tijolos deveriam estar e, com a outra, uma trena para mostrar até onde foram corroídos:

Figura 23 – O desgaste encontrado pela equipe de demolição



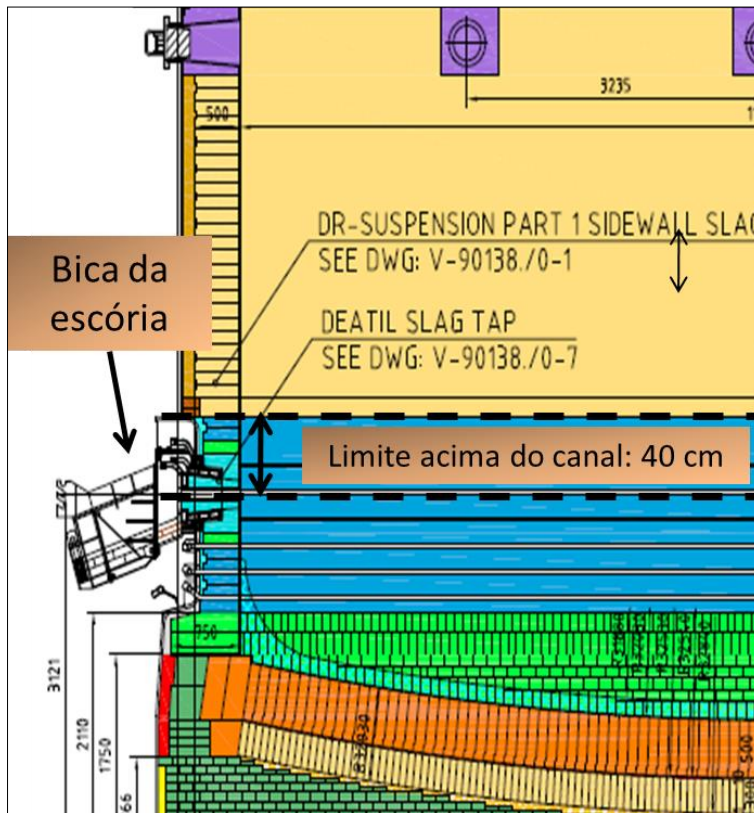
Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

A corrosão das paredes iniciou uma “controvérsia tecnológica”⁵², muito similar estruturalmente à causada pelo vazamento espontâneo, entre os Projetistas e os membros da Operação. Por um lado, havia a alegação dos Projetistas de que o Forno fora operado incorretamente, de modo que o banho de escória estaria acima do limite: teria ocorrido, portanto, descontrole operacional e descuido.

Os membros da Operação, por outro lado, rebateram a acusação de descontrole operacional. Em sua resposta, alegaram que não havia refrigeração suficiente nas paredes refratárias e o limite de 1,50m era pequeno demais para operar o Forno com flexibilidade. O argumento foi de que a altura e a quantidade de placas de cobre colocadas no projeto original eram insuficientes para uma operação factível. Retomando a seção “O Funcionamento do Forno na prática”, lembramos que muitos membros da Operação, desde o começo, consideraram o limite total de 1,50m da altura do banho de metal e escória muito restritivo. Ao se medir a altura disponível para o banho de escória que estaria acima do seu canal de vazamento, constata-se de que a Operação contava com 40cm de espaço. A figura 25 ilustra a questão:

⁵² Para melhor entendimento do termo, ver Collins (2010).

Figura 24 – O limite de 40cm



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (alterado pelo autor)

A imagem representa o ponto levantado pelos membros da Operação. Segundo os que foram entrevistados, ter apenas 40cm de margem acima do canal é pouco, pois o Forno elétrico opera com toneladas de minério calcinado em seu interior e não é possível realizar um controle tão preciso e rígido da altura do banho. Portanto, seria necessário contar com uma margem maior. Para a equipe da Operação, isso ficou ainda mais claro após a descoberta de uma corrosão que ultrapassava esse limite em 90cm, chegando até 1,30m⁵³.

Outro elemento que justificou, para a Operação, seu próprio posicionamento, veio de outra descoberta da demolição: a crosta protetora (FIG. 14) estava com a espessura muito inferior ao esperado. Esse fato foi interpretado como um sinal de que as placas não

⁵³ A última placa de cobre (FIG. 23) está em uma altura próxima ao canal de extração de escória (FIG. 25). A Operação usou o canal de extração de escória – também chamado de “furo de escória” – como ponto de referência para requisitar mudanças no reprojeto. Para fins de simplificação, usaremos a altura da sexta placa de cobre e do canal de escória como sinônimos.

refrigeraram o refratário com eficiência, levando a Operação a questionar a qualidade e o desempenho das placas de cobre.

Somando a descoberta sobre a pequena formação de crosta ao quadro geral mais amplo discutido na seção “O Funcionamento do Forno na prática”, temos uma série de variáveis ligadas a problemas de interface, a problemas com a tecnologia e ao problema institucional – relacionado à demora da compra e reposição de peças – que afetavam negativamente a estabilidade operacional e, com isso, a possibilidade de um controle rígido do nível do banho, segundo a perspectiva dos Operadores. A “operação às cegas” impedia a realização desse objetivo, de acordo com os membros da Operação entrevistados.

Com esses elementos, temos a estrutura dessa controvérsia. Por um lado, os Projetistas alemães alegando que o Forno poderia ser operado dentro dos limites estipulados e que a Operação tinha condições de efetuar essa tarefa. De outro, a Operação, alegando que o Forno, no contexto em que foi operado, com tantas variáveis atuando como obstáculos, não apresentou um projeto robusto que resistisse a esses imprevistos. E, mais importante, que tais variáveis deveriam ter sido previstas na fase de projeto, pois são ocorrências comuns, principalmente em uma planta em fase de *ramp-up*, que possuía menos de dois anos de operação. Contudo, o principal ponto se resumia em alegar que o limite da altura do banho de metal e escória era muito restritivo e não oferecia flexibilidade Operacional caso algum imprevisto ocorresse.

Com efeito, podemos entender que Operadores e Projetistas sempre poderão se valer de um argumento ou de outro caso precisem se justificar. Uma tecnologia, ao ter seu funcionamento colocado em prática em um novo cenário, precisará de ajustes e de um conjunto de atores experientes para fazê-la funcionar. Nenhuma tecnologia se opera sozinha, portanto, na relação entre usuário e artefato tecnológico, pode existir certo tipo de estranhamento que demande adaptações por parte de ambos até que a estabilidade operacional seja atingida. O usuário precisa ajustar a tecnologia para o uso em sua prática, ao mesmo tempo em que se ajusta à ela (BÉGUIN, 2009. p. 118). Se a tecnologia falha, como determinar qual dos lados falhou? No caso do Forno redutor, a Operação utilizava um equipamento cercado de variáveis negativas para a estabilidade do processo, mas estava se ajustando e aprendendo a contorná-las, na medida do possível, de modo mais eficiente a cada dia. Deveria o projeto do Forno ter antevisto todas essas variáveis? Ou deveriam os Operadores ter contornado e superado cada obstáculo mais rapidamente? Tais obstáculos eram superáveis? Seria um problema de inexperiência e incompetência Operacional ou um

problema relacionado ao projeto em si? Ou os dois? Após o vazamento espontâneo e a descoberta da corrosão das paredes, como determinar qual é a resposta correta?

Outra pergunta a ser feita é: poderia o Forno original alemão ser operado se ele estivesse em outras circunstâncias? Talvez com balanças funcionando? Com um CTS eficiente? Dentro de uma planta na qual nenhuma outra área sofre paradas inesperadas? Ao lado de um Calcinador que sempre enviasse minério calcinado com quantidades ideais de carvão? Ou talvez até mesmo com outra equipe de Operação⁵⁴? Ou seriam esses fatores normais em uma planta recém-inaugurada e que, portanto, deveriam ter sido previstos durante a concepção do projeto? Essas são perguntas sem respostas. Não é possível dar uma resposta definitiva, muito menos uma que se aplique a todos os casos. Para os atores sociais envolvidos, tanto Operadores brasileiros quanto Projetistas alemães, no entanto, as respostas estavam claras. Por esse motivo, uma controvérsia se iniciou tendo como principal tema a altura do nível permitida do banho de escória e metal.

Na perspectiva dos Operadores, o projeto falhou ao não antever nenhuma das variáveis às quais eles estiveram expostos. Por isso, o diagnóstico de **inflexibilidade**, pois o Forno não oferecia, segundo a Operação, uma margem para *erros* e para *imprevistos*. No contexto operacional em que estavam, os usuários do Forno sentiram ausência de recursos e alternativas disponíveis para mitigar os vários obstáculos que citamos nas seções anteriores. Por outro lado, na perspectiva dos Projetistas, a **experiência** e a competência dos Operadores foi questionada, pois eles acreditavam que o que era falho não era seu projeto, e sim os usuários dele.

O caso da controvérsia relacionada às causas que levaram aos vazamentos espontâneos em ambos os Fornos é, no presente momento, uma batalha judicial em andamento. Portanto, ainda não se pode afirmar que houve um “encerramento” em relação a esse caso. Essa dissertação não tem o objetivo de definir culpados e a busca de uma resposta,

⁵⁴ Sobre esse ponto, paira uma questão nebulosa: a rigor, o projeto do Forno da planta brasileira já existiria em outra planta, há décadas, atualmente em funcionamento na França. Tal Forno, que supostamente teria um projeto igual ou semelhante ao adquirido pela empresa brasileira, já estaria em funcionamento desde a década de 80. Contudo, segundo os profissionais entrevistados, a empresa francesa não tem o costume de abrir suas portas para visitas externas. Portanto, mantém-se a questão: o projeto do Forno elétrico pode ser considerado como uma “tecnologia de fronteira”? O termo se refere a uma tecnologia cujo modo de operação ainda não foi estabilizada, como no caso de uma tecnologia nova e ainda não conhecida e/ou testada. Contudo, uma tecnologia pode estar “à fronteira” em relação a um grupo específico que a desconhece, ou de modo “absoluto”, ou seja: nova em escala mundial. Seria esse projeto do Forno alemão novo em escala global? Ou, por outro lado, seria somente um projeto novo para a equipe operacional brasileira que o operou? Não obtivemos dados suficientes para determinar se todo o projeto feito pelos alemães é uma inovação tecnológica, ou se apenas algumas de suas partes e quais delas.

neste caso, trata-se de resolver uma “regressão dos tecnólogos” (COLLINS, 2010a) que, ao que tudo indica, será resolvida socialmente: na justiça.

O início dessa controvérsia foi responsável por desgastar a imagem da empresa alemã não somente com a equipe operacional, mas também em sua relação com Phillip. Phillip, até então, havia ficado ao lado da empresa alemã, ainda depositando alguma fé em que os Projetistas alemães se prontificariam a dar respostas. Contudo, a postura inflexível dos Projetistas em responsabilizar a Operação por todos os problemas encontrados na demolição, principalmente durante a controvérsia suscitada em torno da altura do banho de escória e metal, teve um grande impacto na decisão, encabeçada por Phillip, da empresa brasileira sobre qual seria a empresa escolhida para reprojeter o Forno. É o que veremos a seguir.

4.7 A virada de concepção

Havia chegado o momento no qual uma tomada de decisão se fazia urgente por parte dos gestores da planta e da empresa brasileira como um todo: reconstruir o Forno redutor com a empresa alemã, que apresentou suas propostas para o reprojeto, ou com uma concorrente de origem canadense, que também tinha apresentado uma proposta. Reuniões entre representantes de ambas as empresas, tanto a alemã quanto a canadense, seriam realizadas em julho de 2012 e, então, a decisão seria tomada. Phillip foi chamado a liderar as discussões e aceitou o convite.

Paralelamente a essa dúvida sobre qual empresa faria o reprojeto, também em julho de 2012, ao tomarem conhecimento de que a decisão sobre o reprojeto do Forno redutor estava para acontecer, a equipe da Operação da planta se organizou – sem serem requisitados a isso por seus superiores – e produziu uma lista de “modificações necessárias” a serem realizadas no reprojeto do Forno. O “batismo de fogo” representado pela experiência de enfrentar um vazamento espontâneo, seguido pela eclosão de controvérsias tecnológicas com os Projetistas alemães, provavelmente os motivou a tentar influenciar de maneira mais contundente a tomada de decisões. Sem saberem, naquele momento, qual empresa seria escolhida para realizar o reprojeto e como ele seria feito, a lista⁵⁵, resumida nos itens

⁵⁵ A lista contém, originalmente, 14 itens. Alguns poucos itens foram condensados na lista que apresentarei, pois requisitavam mudanças similares. Além disso, essa lista continha termos técnicos não mencionados anteriormente, que demandariam clarificação e nada agregariam à nossa discussão. Por esses motivos, a lista foi editada, sem perder o sentido e a ordem original das requisições.

apresentados abaixo, foi criada pelos vários membros da Operação, em um esforço conjunto, como uma tentativa de impedir que o projeto permanecesse exatamente o mesmo e os Fornos elétricos fossem somente reconstruídos:

1. Instalar mais uma linha⁵⁶ de refrigeração de cobre para aumentar o nível de escória acima do canal de vazamento;
2. Reprojeter a parede superior que fica em contato com o minério calcinado;
3. Instalar uma bica extra para vazamentos de emergência do metal;
4. Aumentar a confiabilidade dos silos de alimentação e dos tubos de alimentação, reprojutando a ligação elétrica/instrumentação do radar. Instalar novas válvulas de alimentação de minério calcinado nos tubos de alimentação, que deem maior confiabilidade ao sistema;
5. Prover um sistema de sondagem do banho com o Forno ligado;
6. Prover mais termopares na parede de todo o Forno para melhorar o monitoramento;
7. Instalar instrumentos para monitorar as dilatações térmicas estruturais sofridas pelo Forno;
8. Reduzir as tubulações de água abaixo do Forno e das bicas de vazamento de metal e escória;
9. Estudo da modificação da refrigeração do Forno para uma melhor formação da crosta protetora do refratário;
10. Elevação do limite máximo do nível do banho de metal permitido no Forno.

Pode-se dizer que esses dez itens sintetizam a experiência da Operação no uso cotidiano do Forno, que analisamos anteriormente. Essa experiência prática, cuja “ponta do iceberg” se encontra nos tópicos dessa lista, é a base de sustentação da percepção dos Operadores na discussão sobre o reprojeto que virá no capítulo adiante. Como se pode notar na lista, a preocupação com o limite e com o monitoramento do nível do banho de metal e escória está presente nos itens 1, 2, 5, 6, 9 e 10, ou seja: 60% dos itens considerados, pelos Operadores, como de maior importância a serem alterados no novo projeto estavam relacionados a esse tema. Eis um exemplo da lista original (FIG. 26), no qual o item 1 é explicado e discutido:

⁵⁶ “Linha” ou “fileira” são sinônimos, nesse caso. Considerando que as imagens mostradas (FIG. 14 e 17) da parede refratária representam um corte transversal, devemos lembrar ao leitor que cada placa de cobre ali representada está, na realidade, em todas as quatro paredes do Forno, que tem formato retangular. Portanto, adicionar “uma linha” significa, na prática, adicionar 100 placas para cobrir toda a extensão das paredes naquela mesma fileira. Ao fazê-lo, a altura máxima permitida para o banho seria, portanto, aumentada.

Figura 25 – Modificações necessárias

MODIFICAÇÕES NECESSÁRIAS
1. Instalar mais uma linha de refrigeração de “cobre” para aumentar o nível de escória acima do furo.
Problemas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Redução da produção por nível alto de escória. 2. Desgaste prematuro da parede refratária. 3. Instabilidade Operacional.
Dados: <ol style="list-style-type: none"> 1. O forno com 90 MW/h gerará 170 ton/h de escória (15 cm) ou seja em aproximadamente 02 horas é atingido o limite de escória do forno. 2. Quando o nível de escória atinge o limite máximo (40 cm acima do centro do furo) é necessário reduzir a alimentação (Perda Produção).
Benefícios: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento da flexibilidade operacional (limpeza das bicas, manutenção das perfuratrizes, etc.). 2. Aumento da vida útil do forno. 3. Aumento da disponibilidade do equipamento. 4. Melhoria do sistema de resfriamento na interface entre a parede de escória e parede de calcinado.
Risco associados: <ol style="list-style-type: none"> 1. Impossibilidade de atingir capacidade nominal. 2. Não cumprimento do plano de produção. 3. Reduzir vida útil da parede refratária da linha de escória.

Legenda: Quadro de explicações criado pela Operação para justificar o acréscimo de mais uma linha de placas de cobre para refrigerar as paredes refratárias

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Como a descoberta sobre a extensão real da corrosão nas paredes refratárias (FIG. 23) só foi feita em setembro, após a demolição, a requisição acima pede, tão somente, o aumento de uma fileira de placas de cobre a mais no interior do Forno, com o objetivo de aumentar o limite máximo do banho de escória e metal. É importante destacar os “benefícios” listados pela Operação, em especial o primeiro deles: *flexibilidade operacional*. Colocando em outros termos, o “mundo da variabilidade operacional” exige flexibilidade. Para a Operação, o aumento do limite máximo permitido para o banho de escória e metal aumentaria o leque de possibilidades de estratégias para contornar adversidades. Se, por exemplo, houvesse dificuldades no vazamento de escória ou problemas no CTS, a Operação teria, em função de um limite menos restrito para a altura do banho, mais opções para resolver tais problemas. Armazenar mais escória dentro do Forno para aguardar a disponibilidade de vazamento de uma bica seria um bom exemplo. Ou manter uma quantidade maior de escória dentro do Forno, após qualquer parada do CTS, para não vazar escória rapidamente e, assim, não

precisar diminuir rapidamente a potência do Forno. Esses são alguns exemplos simples da gama de novas possibilidades que um aumento do limite do banho de escória no Forno poderia trazer para a Operação, de acordo com os entrevistados.

A lista de modificações necessárias foi, de fato, levada em consideração por Phillip que, coincidentemente, estava criando uma lista de modificações própria. Ambas as listas foram mescladas e influenciaram fortemente o resultado da decisão sobre a empresa que realizaria o reprojeto. Ainda em julho de 2012, várias reuniões discutindo o assunto foram feitas pela instância mais alta dos gestores da empresa brasileira. Phillip participou de todas elas e apresentou a lista a seus superiores e, então, a aprovaram para ser levada em consideração. Porém, ainda faltava decidir qual empresa seria contratada.

Duas propostas estavam em jogo: a proposta de reprojeto dos Projetistas alemães, que implicava em custos relativamente modestos, e a proposta feita pela empresa canadense, com custos muito mais elevados em comparação com a primeira. A empresa alemã, nesse momento, chegou a admitir que mudanças fossem realizadas em seu projeto original, inclusive relacionadas à altura do limite do banho de escória e metal. Contudo, tal flexibilização de sua postura veio tardiamente: em função do desgaste gerado pela ocorrência do vazamento espontâneo, pelas controvérsias e, possivelmente, pela perda de confiança na tecnologia dos Projetistas alemães, a decisão oficial foi a favor da contratação da empresa canadense. Logo em agosto do mesmo ano, os Projetistas canadenses já trabalhavam na elaboração do escopo detalhado das mudanças a serem feitas no Forno.

A questão a ser notada é a aceitação das reivindicações dos Operadores, por parte da gerência. Principalmente o papel de Phillip nesse processo. Se considerarmos que, no contexto de sua chegada, ele agiu de acordo com os valores da empresa brasileira – e com os próprios – ao conferir à equipe de Projetistas alemães o papel central na condução do *start-up* do Forno, afastando e desconsiderando, em decorrência disso, as reivindicações e contribuições de membros experientes da Operação, agora a sua postura se inverteu, pois ele não somente levou as contribuições da equipe de Operações em consideração como as apresentou aos seus superiores. Além disso, ele apostou a própria carreira ao acreditar na eficácia dessas contribuições. Em suas próprias palavras para descrever o momento, ele disse: “Eu vivi um O.E.C. O que isso quer dizer? Oportunidade de Encerramento de Carreira⁵⁷”⁵⁸ (tradução nossa). O termo irônico descreve bem o que estava em jogo no momento da tomada da decisão sobre

⁵⁷ C.E.O = Career Ending Opportunity, na fala original.

⁵⁸ PHILLIP, Gerente geral. Brasil, Janeiro, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

o reprojeto, pois a planta já estava paralisada há três meses e cada dia de produção perdido aumentava os prejuízos da empresa brasileira. Somava-se a isso o fato de que os custos do reprojeto da empresa canadense eram mais elevados do que os previstos na proposta da empresa projetista alemã. Portanto, podemos entender, diante desse quadro, que Phillip apostou muito alto na contribuição da sua equipe Operacional. Se, anteriormente, o projeto original fora feito de forma “descendente”, agora algo havia mudado e o modelo de projeto participativo estava começando a se delinear. Inferimos, diante desses ocorridos, que houve uma grande *virada de concepção* por parte de Phillip. Ou, em outras palavras, uma mudança profunda ocorreu.

A empresa brasileira não tinha, em sua estrutura administrativa, algum procedimento padrão que previsse a realização de um projeto participativo. Normalmente, o procedimento padrão era o de comprar o projeto pronto de seus fornecedores e submetê-los à análise da equipe de Implantação. Realizar um projeto fora dessas bases foi algo novo. Com o esforço de Phillip e outros gerentes, os procedimentos comuns para a gestão de projetos foram contornados e até mesmo ignorados para que as reivindicações dos Operadores brasileiros fossem levadas em consideração pelos Projetistas canadenses e para que fossem feitas reuniões conjuntas entre representantes de ambas as empresas para discutir o novo projeto.

O que teria ocasionado tamanha mudança? Nossos dados, entrevistas e acompanhamentos do cotidiano da planta sugerem alguns fatores: 1) a ineficácia do modelo de projeto descendente, no caso específico do Forno redutor; 2) o desgaste com a empresa projetista alemã.

Em função desses fatores, podemos explicar a mudança de comportamento de Phillip: que forçadamente precisou abandonar uma concepção de determinismo tecnológico para dar lugar a uma concepção intermediária entre o determinismo e o instrumentalismo⁵⁹. Podemos entender que tanto o vazamento espontâneo como o desgaste provocado pela controvérsia tecnológica entre a Operação e Projetistas alemães atuaram como “anomalias”. Essas “anomalias”, que contrariaram a aposta inicial de foco na prática projetual, foram responsáveis pelo surgimento de uma concepção diferente que possibilitou a inclusão da perspectiva dos Operadores no processo de reprojeto. Contudo, a mudança de concepção não ocorreu de modo amplo, alterando contundentemente a empresa brasileira como um todo.

⁵⁹ Como veremos mais adiante, Phillip não deixou de esperar soluções vindas da tecnologia. Contudo, ele passou a incluir, em suas requisições, as contribuições dos usuários do Forno.

Essa mudança, embora substancial, se deu localmente, e seus indícios puderam ser percebidos através da conduta de Phillip.

Ainda sobre essa mudança radical, sublinhamos que, independentemente da controvérsia e dos posicionamentos de cada um, todos os envolvidos estão de acordo em relação a um ponto básico: o Forno redutor não desempenhou o papel esperado nas circunstâncias em que se deu o seu funcionamento. E isso resultou em grandes prejuízos para a empresa brasileira. Entendemos, desse modo, que o vazamento espontâneo e a corrosão nas paredes refratárias foram fatores que forçaram Phillip a reagir e contribuíram para uma mudança de concepção. Precisamos considerar que a mitificação do discurso científico, que se origina de uma noção determinista da tecnologia, pode atuar como uma “faca de dois gumes”, pois a idealização também pode levar a uma decepção (COLLINS, 2010b). Inferimos, diante do relato de Phillip e dos dados analisados, que uma grande frustração ocorreu em relação aos Projetistas alemães. A expectativa de receber respostas e indicações de caminhos a seguir converteu-se, na realidade, no início de uma controvérsia e no posicionamento alemão de que a empresa brasileira e seus Operadores eram integralmente responsáveis pelos incidentes no Forno elétrico. E, nesse momento, a postura inicial de priorizar a prática projetual parece ter sofrido uma forte transformação. O ciclo de enfoque na prática projetual e de não reconhecimento da importância e da especificidade da prática operacional foi forçosamente interrompido pelo desgaste sofrido com os Projetistas alemães. Além disso, foi um grupo de Operadores que finalmente obteve sucesso em inicializar o Forno elétrico, durante o contexto de start-up descrito no início desse capítulo. Tais conquistas, antes ofuscadas, ganharam um novo destaque após Phillip – e outros gestores – não conseguirem o retorno esperado dos Projetistas alemães. É possível inferir, portanto, que essa frustração – somada ao vazamento espontâneo – abalou e reconfigurou as convicções iniciais de Phillip. No nosso caso, podemos entender que a mudança de percepção de Phillip em relação à priorização da prática projetual em detrimento da prática operacional foi, de fato, uma *virada de concepção* provocada por uma ruptura profunda em suas noções iniciais sobre tecnologia.

Uma consequência positiva ocasionada por essa virada de concepção foi uma integração interna mais forte entre os “subgrupos” da Operação: Forneiros; Operadores de sala de controle, Supervisores, Manutenção, Engenheiros e Gestores. Todos esses grupos se articularam para a confecção da lista de “modificações necessárias” e, durante esse processo, se tornaram mais conscientes dos desafios que os outros enfrentavam, pois a lista incorporou contribuições e relatos oriundos de toda equipe operacional.

Após a decisão pelo reprojeto ser tomada, a empresa projetista canadense já estava ciente de alguns parâmetros básicos que guiariam as alterações no Forno, antes mesmo que as discussões mais detalhadas sobre os aspectos técnicos do projeto começassem. Essas discussões, realizadas através de reuniões e teleconferências, aconteceram de agosto de 2012 até janeiro de 2013.

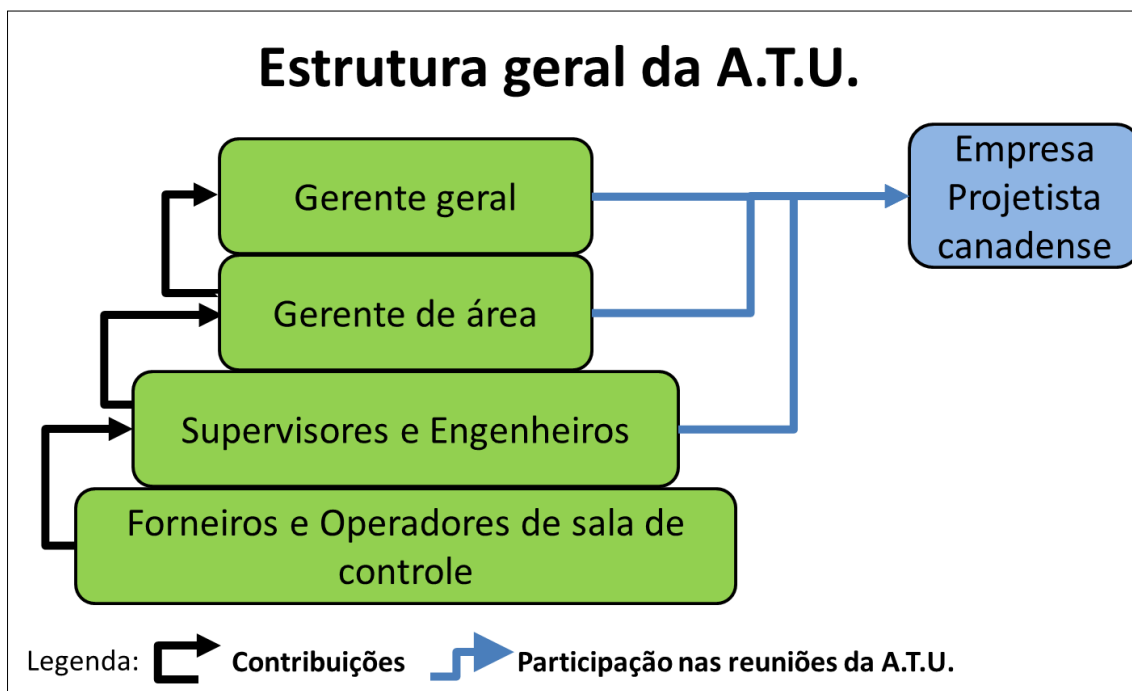
Oficialmente, os participantes chamaram a nova abordagem, que consistia em levar em consideração as contribuições da equipe da Operação no reprojeto do Forno elétrico, de *Abordagem do Time Único* (A.T.U.). O nome representava a intenção de criar um cenário de colaboração entre Operação e Projetistas canadenses em prol de um objetivo comum, em contraste com o cenário anterior. No próximo capítulo, nos focaremos nas discussões acerca do aumento do limite máximo do banho de escória e metal. Nele veremos como, apesar do sentimento de integração e do objetivo comum de realizar um projeto que fosse bem sucedido, ambos os grupos ainda tinham perspectivas muito diferentes sobre o que deveria e o que não deveria ser feito. Veremos, portanto, uma interação entre representantes da prática projetual e da prática operacional em um novo contexto. Seria a mudança cultural sofrida pela empresa brasileira tão profunda, capaz de produzir um cenário de interação diferente entre Operadores e Projetistas? Analisaremos essa questão através da principal discussão técnica realizada entre seus representantes, sob a qual nossa análise irá se focar, que será chamada de “o reprojeto das paredes refratárias”.

5 Abordagem do Time Único

5.1 A estrutura da A.T.U.

As primeiras reuniões entre a Operação e os Projetistas canadenses começaram logo no início de agosto de 2012. Essas reuniões aconteciam através de teleconferências e também de encontros presenciais. De um lado estavam Phillip, engenheiros e, ocasionalmente, supervisores da planta. Do outro, os Projetistas canadenses. Antes de iniciarmos a narrativa sobre as discussões técnicas que ocorreram nessas reuniões, iremos analisar brevemente a estrutura da Abordagem do Time Único, que segue representada abaixo (FIG. 27):

Figura 26 – Estrutura geral da Abordagem do Time Único (A.T.U.)



Fonte: Elaborada pelo autor

A estrutura apresentada pode ser usada para compreender a história e também o tipo de interação entre representantes da prática operacional e projetual na A.T.U. Da empresa brasileira, Phillip foi, seguramente, aquele que mais participou das reuniões, estando presente provavelmente em todas elas. Seu papel, na A.T.U., foi o de atuar como um intermediador

entre a Operação brasileira e os Projetistas canadenses, considerando seu domínio tanto na língua inglesa quanto no português. Outras pessoas e grupos da Operação participaram das reuniões em uma frequência menor, dentro de discussões específicas. Na maioria das reuniões havia um representante do grupo dos Engenheiros brasileiros e, menos frequentemente, um dos Supervisores. O grupo dos Forneiros e dos Operadores de sala de controle não participou das reuniões. A participação desses grupos se deu de forma indireta, pois muitas de suas contribuições fizeram parte da lista de modificações necessárias e foram defendidas por aqueles que estavam, de fato, presentes nas discussões.

A empresa canadense, por sua vez, criou quatro grandes grupos para englobar todas as modificações diferentes no reprojeto do Forno. Esses grupos eram compostos por Engenheiros, Projetistas e Gerentes, que foram alocados conforme suas respectivas especialidades e experiências prévias. Os quatro grandes grupos para lidar com todas as modificações necessárias eram: o “grupo Forno”, que cuidou das mudanças no interior e as mudanças estruturais; o “grupo do CTS”, que estava focado especificamente em melhorar o projeto do CTS; o “grupo da escória”, que lidou com toda a área periférica ao Forno, desde a área de vazamento da escória até a do metal; o “grupo de realocação dos canos”, que lidou com as grandes alterações feitas nos sistemas de refrigeração hidráulica do Forno. Portanto, a estratégia foi segmentar as mudanças e atribuí-las a grupos com especialidades diferentes, que reuniram equipes específicas de ambas as empresas.

Diante da estrutura da A.T.U. e dos grupos que dele participaram, adentraremos no mundo dos Projetistas canadenses para compreender sua experiência e as contribuições que eles trouxeram para a A.T.U., exatamente como fizemos em relação aos Operadores brasileiros. Somente depois da compreensão da experiência dos Projetistas entraremos na discussão técnica realizada pelos dois grupos sobre o reprojeto das paredes refratárias, que está ligada a requisição operacional de aumento do limite do banho de metal e escória.

5.2 Adentrando a prática projetual: a experiência dos Projetistas canadenses

A discussão técnica sobre o reprojeto das paredes refratárias foi, como dissemos, uma das discussões mais importantes – de acordo com os próprios membros da Operação – realizadas durante as reuniões da A.T.U. Apesar de não adentrarmos nessa discussão durante

esta seção, é necessário adiantar um detalhe importante: os dois grupos, a Operação brasileira e os Projetistas canadenses, não estavam de acordo em relação a realizar uma modificação no limite de altura do banho de metal e escória. Para compreendermos as razões por detrás dessa discordância iremos, em primeiro lugar, examinar com algum cuidado a base, em termos de experiência vivida em outros trabalhos, que os Projetistas canadenses trouxeram para o reprojeto. Somente então teremos condições de compreender a diferença de perspectivas entre os dois grupos e acompanhar a discussão técnica que eles realizaram. Contudo, como já adiantamos, o objetivo desta seção é demonstrar que a percepção de Operadores e Projetistas foi diferente, em função de suas respectivas experiências, e que essa foi a razão central de suas discordâncias no caso do reprojeto das paredes refratárias. A perspectiva dos Projetistas era a de que um aumento da inclinação das bicas de escória e uma melhoria no CTS seriam os fatores principais que possibilitariam uma operação estável. Os Operadores, no entanto, apesar de considerarem esses dois pontos importantes, priorizaram o reprojeto das paredes refratárias por razões que serão vistas futuramente. No momento, nos voltamos para a história da presença da empresa canadense na planta industrial brasileira.

A empresa canadense já estava presente na planta da empresa brasileira desde o começo da Operação. Apesar de só a termos mencionado como a empresa contratada para realizar o reprojeto do Forno, dando a entender que a sua participação no empreendimento geral da planta só se iniciou nesse momento, a empresa canadense já havia sido contratada para gerenciar o processo de construção da planta entre 2008 a 2010.

Quando o vazamento espontâneo ocorreu no Forno 1, a empresa canadense ofereceu uma equipe técnica⁶⁰ para realizar uma avaliação do acidente e, posteriormente, para também analisar as descobertas trazidas pela demolição do Forno. A avaliação foi, de fato, feita e enviada à empresa brasileira em julho de 2012. Os resultados foram discutidos com Phillip e com uma equipe de Engenheiros e Supervisores responsáveis pela operação do Forno redutor. Portanto, os membros da empresa canadense e da Operação brasileira já estavam realizando trocas e discussões antes mesmo da Abordagem do Time Único ser oficialmente adotada. A empresa canadense não é, portanto, uma empresa que foi contratada somente para o reprojeto e que não tinha conhecimentos prévios ou familiaridade com a Operação nem com o funcionamento específico da planta em questão. Muito pelo contrário. Ao se integrarem reuniões e discussões técnicas da A.T.U., os projetistas canadenses já tinham, em sua

⁶⁰ Alguns dos membros dessa equipe técnica também compuseram parte do grupo de Projetistas que participaram da A.T.U.

memória, todo o histórico dos acontecimentos da planta, desde a sua concepção, e já conheciam muitas das dificuldades enfrentadas pela Operação.

Voltamo-nos, com especial atenção, à mencionada avaliação realizada pela empresa canadense, no dia 16/07/2012, pois ela nos revela o que apareceu como “figura” para a sua equipe. Essa avaliação tinha o objetivo de tratar dos problemas que teriam causado os vazamentos espontâneos. Contudo, em suas últimas páginas, consta a seguinte observação:

Verificar o lento vazamento da escória [...]. O ângulo de pouca profundidade pode tornar difícil prever o aparecimento de build-ups. O melhor curso de ação é verificar, em outras plantas com um Forno de projeto similar, que produz o mesmo metal, se o mesmo build-up também acontece. (Arquivo de pesquisa, 2012. p. 19-20).

O que a passagem acima sugere é que a equipe de canadenses percebeu o mesmo problema que os Forneiros já haviam identificado desde o início: que a baixa inclinação das bicas de escória, mencionada na seção “O funcionamento do Forno na prática: a experiência dos operadores e o mundo da flexibilidade operacional”, causava acúmulos de escória solidificada na bica, chamados de “build-up”. Esses acúmulos dificultavam e atrasavam o vazamento de escória, em função do esforço constante dos Forneiros em limpar a bica. A equipe canadense, em agosto, ao expressar suas ideias iniciais para o reprojeto do Forno, escreveu as seguintes recomendações: “Aumento do ângulo das bicas para que tenham, no mínimo, 20° graus. [...] Sugerimos bicas mais curtas. [...] Sugerimos melhoria da ventilação e da iluminação para gerar um bom ambiente de trabalho para os Forneiros” (Arquivo de pesquisa, 2012. p.14 - 15).

A percepção aguçada dos canadenses para a questão da inclinação das bicas de escória nos revela um aspecto de sua experiência que explica um grande ponto de desacordo com os membros da Operação brasileira, como veremos mais adiante. No momento, nos focaremos em compreender a questão da inclinação das bicas.

Forneiros, através de suas atividades, perceberam e descreveram as dificuldades no vazamento geradas pelos constantes build-ups. Os Projetistas, contudo, perceberam essa questão por outro prisma. Ao estabelecerem um contraste entre o ângulo da bica de escória da planta brasileira com a de outras plantas existentes no mercado, nas quais haviam trabalhado, uma diferença apareceu. O ângulo das bicas brasileiras era menor em comparação ao de outras plantas de níquel. Vejamos a tabela (FIG. 28) abaixo, usada pela empresa

canadense em outro documento, do mês de outubro, como uma comparação. É necessário ter em mente que o ângulo original das bicas brasileiras era de 11° graus, com 11m de comprimento:

Figura 27 – Tabela de benchmarking para bicas

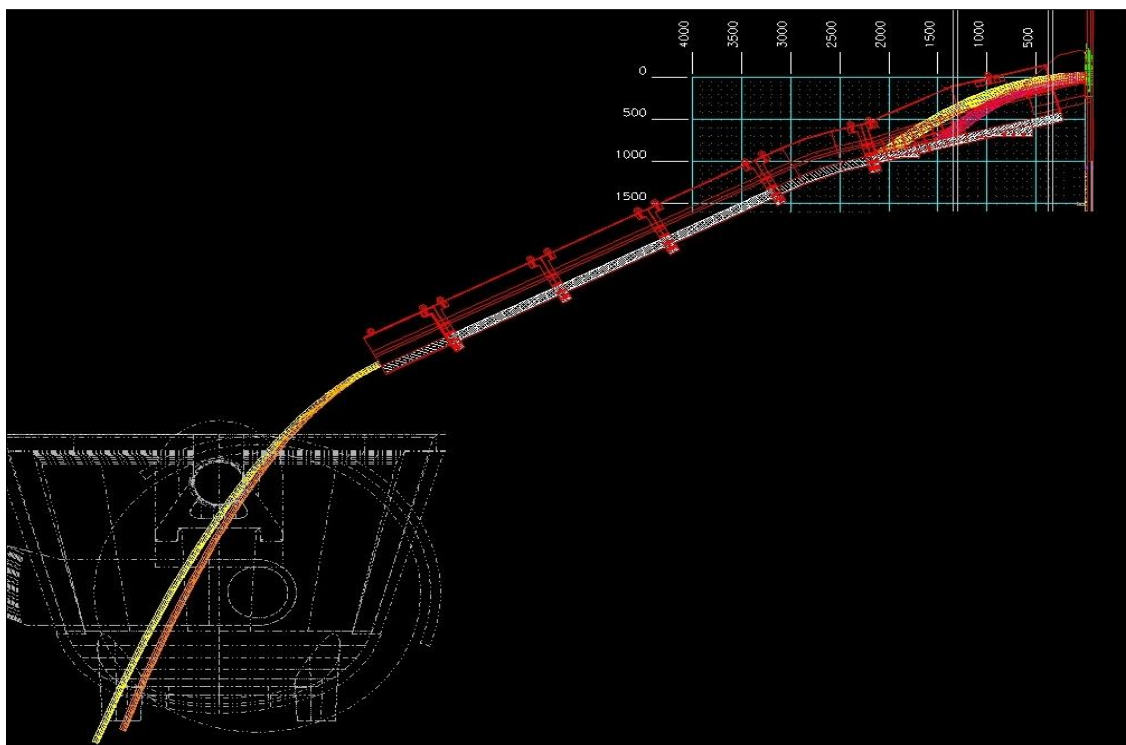
Informações de referência para bicas de escória				
Local	Potência	Local	Ângulo da bica	Cumprimento da bica
Planta A	75 MW	South America	20°	6 m
Planta B	75 MW	South America	20°	4.5 m

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (tradução nossa)

A tabela mostra duas plantas da América do Sul com Fornos que trabalham a 75 MW/hora. Para uma comparação, em uma situação ideal, o Forno original alemão teria capacidade para operar até há 85/90 MW/h. Portanto, trata-se de dois Fornos na América Latina com uma capacidade energética similar ao do Forno observado nesta pesquisa. Contudo, a grande diferença está na quarta coluna: ambas possuem canais de escória com uma inclinação de 20°graus, ou seja, superior aos 11° graus das bicas da planta que acompanhamos.

Essa comparação impulsionou os Projetistas canadenses a sugerirem o aumento do ângulo das bicas logo que as discussões da A.T.U. começaram. Tanto a Operação quanto os Projetistas concordaram rapidamente com esse ponto. Afinal, com um ângulo maior (e um comprimento menor), a escória correria mais rapidamente pela bica, o que poderia diminuir sensivelmente a geração de “build-ups” e ainda facilitar a limpeza das bicas eliminando, assim, a chance de o banho passar do limite esperado. A imagem (FIG. 29) mostra um projeto para a nova bica durante sua fase preliminar de concepção:

Figura 28 – Projeto da nova bica de escória



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012

Para projetar a nova bica, os Projetistas canadenses tinham uma série de preocupações:

1. Aumentar o ângulo o máximo possível: levando em consideração a estrutura geral da planta. Se as bicas fossem inclinadas acima de 30° graus, os caminhões Kress poderiam atingir as vigas de sustentação do Forno ao carregarem os potes para baixo das bicas⁶¹;
2. A velocidade e a trajetória do jato de escória na bica: o canal, ao ser aberto, liberava escória com alta velocidade e pressão. Se a bica estivesse muito inclinada, a escória só atingiria em um ponto já próximo ao pote. O choque da queda, aliado a uma velocidade alta, poderia fazer a escória espirrar e se espalhar pela área. Por esse motivo, foi tomada a decisão de manter o início da bica com um ângulo menor, lugar no qual a escória inicialmente sairia, e só depois tornar a descida mais íngreme. Os canadenses denominaram esse projeto de “bica com inclinação dupla”;

⁶¹ Os caminhões Kress, ao colocarem os potes de escória no final das bicas, se posicionam abaixo da “caixa” principal do Forno (FIG. 16), que é sustentada por vigas. Se as bicas fossem muito inclinadas, os caminhões precisariam adentrar mais profundamente, o que os faria atingir uma das vigas de sustentação.

3. O formato da bica: ao se comparar com o formato de outras plantas conhecidas pelos Projetistas, o formato da bica original – em U – pareceu ineficaz, se comparado com o formato em V presente em outras bicas. A diferença estava na quantidade de superfície de contato. Ao alterar o formato em U para um formato em V, diminuiu-se a superfície de contato da bica com a escória, o que também diminuiria a possibilidade de acúmulos. No formato em U, a escória poderia se acumular no fundo da bica com maior facilidade, segundo os projetistas canadenses.
4. Desgaste da bica: existe uma relação entre a velocidade da escória e o desgaste em potencial que ela pode produzir na bica. Quando mais rápida estiver a escória, maior o desgaste. Portanto, além de alterar o ângulo, as bicas também deveriam ter o material que as compunha modificado. O novo material iria proteger o canal e melhorar sua refrigeração. Tal ponto, inclusive, suscitou resistência por parte da Operação: o receio de que a melhoria da refrigeração na bica pudesse provocar mais build-ups foi levantado. Contudo, os projetistas garantiram⁶² que a mudança, aliada ao aumento significativo do ângulo e à alteração do formato para V, somente melhorariam o desempenho das bicas.

Saltando temporalmente para o final das discussões da A.T.U. sobre esse tema, as bicas foram reprojatadas com uma nova inclinação: 26° graus, com 7,2 m de comprimento, como mostra a imagem (FIG. 30) abaixo:

⁶² Sob esse ponto, é importante notar a impossibilidade, por parte da Operação brasileira e de Phillip, de checar todos os cálculos e “promessas” feitas pelos Projetistas canadenses. Não é possível saber, de antemão, com 100% de certeza, a eficácia de um projeto. Nesse sentido, sempre permanece um grau de incerteza que não pode ser superada totalmente. Usuários precisam, diante desse quadro, confiar nos representantes da prática projetual. No caso que acompanhamos, a deposição dessa confiança era especialmente delicada, considerando que a empresa brasileira, como um todo, já havia confiado, anteriormente, no projeto dos Projetistas alemães.

Figura 29 – Alteração nas bicas de escória



Legenda: Na imagem são mostradas as alterações feitas, respectivamente, no comprimento e no grau de inclinação de todas as bicas⁶³ da área periférica ao Forno 1.

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (alterada pelo autor)

Essa foi a inclinação máxima conseguida sem que grandes alterações na estrutura geral da área, como a movimentação de vigas de sustentação, fosse necessária. Ambos os grupos se deram por satisfeitos com esses números.

Notamos que, através de experiências diferentes, tanto Forneiros quanto Projetistas canadenses perceberam o ângulo de 11° graus do projeto original como um ângulo baixo e concordaram em alterá-lo. Para os Forneiros, os esforços diários que demandava cinco a seis forneiros por bica para limpar os acúmulos, somados à comparação de Forneiros experientes com outras plantas em que o processo não era tão difícil e danoso, indicaram a inclinação da bica como um problema a ser resolvido. Para os Projetistas, por sua vez, elementos diferentes é que foram levados em conta: a comparação do valor numérico do ângulo das bicas com o de outras plantas se tornou saliente. Não apenas isso, mas também a comparação com o formato em U da bica original pareceu ineficaz, quando comparado ao formato de outras bicas para as quais membros da equipe já haviam feito projetos. Nesse sentido, ambos os grupos estavam

⁶³ Existem três tipos de bicas: a reta, a curva e a bica Y. Para os fins de simplificação de nosso estudo, nos focamos somente na discussão referente às bicas retas.

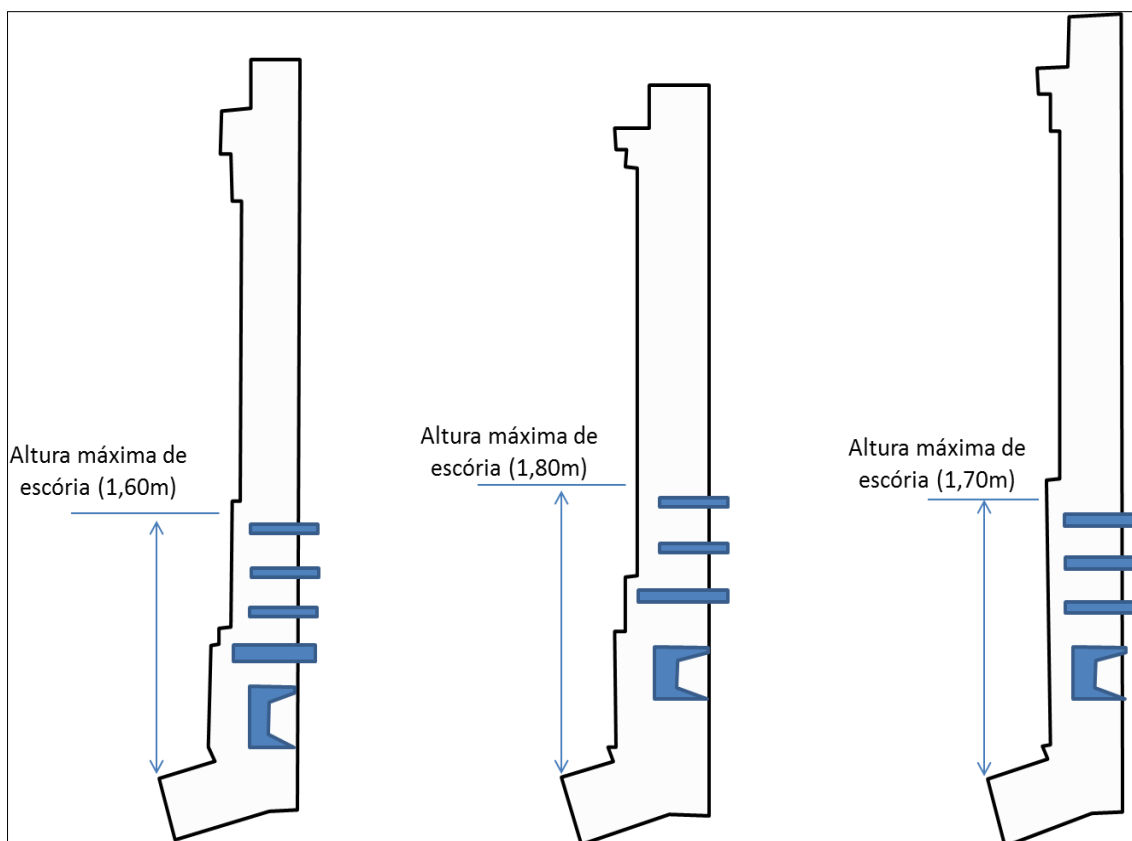
de acordo, mesmo que tendo chegado às mesmas conclusões vindo de perspectivas diferentes.

Outro fator que os dois grupos perceberam como problemático foi o CTS. Ele também foi alvo de grandes mudanças de projeto. A proposta dos Projetistas para ele era a de transformá-lo de um sistema com trilhos terrestres em um sistema com carregamento suspenso, como já haviam feito em outras plantas. A proposta foi discutida e aprovada. Para o que nos interessa, apesar de muitas versões intermediárias, Operadores e Projetistas concordaram rapidamente que o CTS era um problema a ser resolvido e se engajaram em longas reuniões na A.T.U. para desenvolverem um projeto que solucionasse, de uma vez por todas, os problemas frequentes sofridos pela Operação em função do CTS.

O que podemos entender, até esse momento, é que tanto o caso da inclinação das bicas quanto o do CTS foram um consenso rápido entre a equipe de Operações brasileira e os Projetistas canadenses, apesar de ambos os grupos possuírem experiências diferentes. Uma questão, nesse momento, pode ser levantada: “e o caso do reprojeto das paredes refratárias? Não foi similar?” A resposta é negativa.

Antes de entrar nessa discussão, precisamos compreender a experiência prévia dos Projetistas canadenses em projetar e reprojeto Fornos elétricos em outras plantas. Eis uma imagem (FIG. 31), produzida por um dos Projetistas canadenses participantes da A.T.U., que sintetiza o tipo de paredes refratárias que ele concebeu em seus três últimos projetos (em Fornos similares em capacidade e produção):

Figura 30 – A experiência prévia dos Projetistas canadenses



Legenda: Desenho criado por um Projetista da empresa canadense para exemplificar o tipo de parede desenvolvida por ele e demais membros da equipe em outros projetos de Fornos elétricos.

Fonte: Projetista canadense, 2014

O que podemos ver, na figura, são alturas próximas às do projeto do Forno projetado pelos alemães, que contava com 1,50m de limite máximo para a altura do banho de escória, como visto na figura 17. Considerando que o aumento na altura do limite requisitado pela Operação chegava a 2,44 m, podemos entender que as medidas de 1,60m, 1,80m e 1,70m estavam, de fato, muito mais próximas às do Forno projetado pelos alemães do que à solicitada pela Operação brasileira.

Outra questão se faz presente: por qual razão a empresa canadense construía, normalmente, paredes com as alturas citadas na figura? Essa é a questão central que explicará a discordância entre eles e a equipe Operacional.

Tanto a Operação quanto os Projetistas canadenses compartilhavam a compreensão de que a marca principal de uma operação estável é o controle bem sucedido do nível do banho de escória e metal dentro do Forno. Contudo, para os Projetistas canadenses, o

principal meio de atingir esse objetivo era possuir sistemas auxiliares e periféricos eficientes e bem projetados. Isso significava possuir bicas de escória com uma inclinação alta – o que facilitaria os vazamentos e até poderia permitir mais de um vazamento simultâneo, possibilitando assim um método fácil para diminuir o volume de escória dentro do Forno – e um CTS eficiente que não provocasse paradas constantes. Na experiência dos Projetistas canadenses, equipes operacionais com instalações que possuíam esses dois itens dispensariam um aumento do limite máximo da altura do banho de escória e metal, pois teriam condições de manter o Forno constantemente alimentado, sem paradas bruscas, e em constante vazamento. Seus clientes, até então, reportaram-se satisfeitos com os limites máximos do banho de escória definidos nos projetos de suas paredes refratárias⁶⁴. Outro dado se faz pertinente, nesse momento. Além da recomendação referente às bicas e ao CTS, no relatório técnico criado pelos canadenses consta a seguinte avaliação, feita a partir da observação do projeto das placas de cobre e da parede lateral do Forno original:

Figura 31 – Avaliação dos Projetistas sobre as placas de cobre originais

Identificação do problema	Análise	Recomendação
Desgaste nas placas de cobre	Um sistema de placas de cobre que está subdimensionado para sua tarefa, o que levará ao desgaste das placas a longo prazo	Aumentar a capacidade de refrigeração das placas de cobre

Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (tradução nossa)

Destacamos a avaliação que diz: “O sistema de refrigeração por placas de cobre está subdimensionado para sua tarefa, o que levará ao seu desgaste a longo prazo”. E, logo em seguida, a recomendação: “aumentar a capacidade de refrigeração das placas de cobre”. A empresa canadense possuía um sistema diferente de refrigeração por placas de cobre, que será mais detalhado na seção seguinte. Para os Projetistas canadenses, a questão mais relevante referente ao reprojeto das paredes refratárias estava na substituição das placas originais, consideradas pequenas e ineficazes, pelas placas da empresa canadense, que foram

⁶⁴ Essa questão levanta um ponto relevante: teria o “mundo da eficiência periférica” funcionado nessas outras plantas industriais? Em que medida? Com ou sem ajustes da equipe operacional? Qual é a flexibilidade operacional que dispõem essas equipes? Ou elas, de fato, não precisam de flexibilidade? Qual o contexto de funcionamento dos outros sistemas técnicos que cercam o Forno elétrico dessas outras plantas? Tais pontos, nos parece, são dignos de uma nova investigação.

anunciadas como “robustas” e eficientes. O aumento da flexibilidade operacional pelo acréscimo do limite máximo do banho de metal e escória não foi considerado na avaliação da empresa canadense. Por esse motivo analisaremos, a seguir, a implicação dessa perspectiva e o “mundo” que pareceu orientá-la.

5.2.1 **Projetistas canadenses: o mundo da eficiência periférica**

Retomando Pascal Béguin e a ideia de “cristalização” há, na perspectiva que guiou a proposta de reprojeto dos Projetistas canadenses, a ideia de solucionar os problemas operacionais exclusivamente pela via tecnológica, segundo a qual ter equipamentos novos – auxiliares e periféricos – eficientes seja suficiente para garantir a estabilidade operacional. Ou seja, segundo essa visão, o reprojeto do CTS e das bicas de escória seriam suficientes para atingir a estabilidade operacional. Essa perspectiva também coloca o trabalho dos Projetistas como o protagonista da resolução do problema, pois “uma tecnologia bem projetada resulta em uma boa operação” – é o que essa visão parece nos dizer. Portanto há, nessa visão, que chamaremos de “**mundo da eficiência periférica**”, a pressuposição de que as tecnologias periféricas do Forno – sendo que a maioria delas foi originalmente projetada pelos alemães – não estavam atuando de modo eficiente e que, por essa razão, a operação não havia atendido as expectativas. Contudo, como os Projetistas canadenses reprojeteriam essas tecnologias, elas então passariam a ser eficazes e dispensariam o aumento da flexibilidade operacional através do acréscimo do limite máximo do banho de metal e escória dentro do Forno. Nesse sentido, esse “mundo” tornou-se, de certa forma, uma repetição do anterior, que foi concebido pelos Projetistas alemães. Em ambos os mundos, a periferia e a planta como um todo funcionam como deveriam, e tal fato dispensaria a necessidade de que o usuário fizesse muitas “manobras”. Portanto, no início das discussões na A.T.U., a flexibilidade do projeto e a possibilidade dada ao usuário para interferir foram novamente reduzidas. Depositou-se mais “confiança” nos sistemas tecnológicos do que na experiência vivida de seus operadores. Em ambos os mundos, tanto o alemão quanto o canadense, percebe-se a pressuposição de um usuário passivo e de um processo produtivo conduzido prioritariamente por sistemas tecnológicos “eficazes”. A possibilidade de falha ou de imprevistos, provenientes da própria tecnologia, que forçariam usuários a ativamente contornarem os problemas, parece não ser contemplada ou não ser prioritária na perspectiva desses Projetistas. Nesse sentido, o determinismo tecnológico ainda se manteve, exatamente como no caso dos alemães.

O “mundo da eficiência periférica” não foi compatível com a perspectiva e expectativa dos usuários, a qual discutiremos a seguir. Agora, cientes da experiência e do olhar que os Projetistas canadenses trouxeram ao projeto, vamos agora analisar a interação entre as práticas operacional e projetual através da principal discussão técnica da A.T.U.: o reprojeto das paredes refratárias. Será que a “virada de concepção” adotada por Phillip produziria uma interação diferente daquela ocorrida, desde o start-up da planta, entre a Operação e os Projetistas alemães? É o que tentaremos responder.

5.3 O reprojeto das paredes refratárias

As palavras de um Engenheiro da Operação resumem a relevância da discussão sobre o reprojeto das paredes refratárias para a equipe da Operação brasileira:

O que a gente mais “bateu o pé” foi sobre a altura do banho do nível da escória. A gente queria um limite mais alto. [...] O que a gente mais conversou, bateu mais forte, foi essa questão. A gente não entendia que a gente teria condições de tirar toda a escória com um limite de banho menor. **Queríamos mais flexibilidade, coisa que não tínhamos no forno anterior.**⁶⁵
(negrito nosso)

A passagem acima revela a perspectiva da Operação em relação a esse tema: o aumento do limite era entendido como uma prioridade, pois ele traria flexibilidade operacional. Denominaremos a perspectiva dos usuários do Forno de “mundo da flexibilidade operacional”. Nessa seção, analisaremos, com maiores detalhes, a interação entre a prática operacional e a projetual na A.T.U. e o choque entre dois “mundos” diferentes sobre o reprojeto das paredes refratárias.

A empresa canadense, que acompanhou a Operação da planta desde seu início, já estava ciente da solicitação sobre a alteração do limite do banho de metal e escória. Para realizar essa alteração seria necessário, na perspectiva da Operação, acrescentar mais fileiras de placas de cobre nas paredes refratárias. Assim, a área refrigerada seria maior e o limite do banho se tornaria, portanto, mais alto. Havia, contudo, logo de início, uma questão de ordem institucional a ser levada em consideração por todos os participantes da A.T.U. envolvidos na

⁶⁵ V, Engenheiro brasileiro. Brasil, Março, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

discussão: o orçamento para o reprojeto havia sido definido e a empresa brasileira não desejava que os custos atingissem níveis acima dos estipulados. Placas de cobre adicionais, apesar de ser o desejo da Operação, elevariam muito o custo do projeto. Então, para que essa mudança respeitasse os custos estimados, uma exigência foi feita à empresa canadense: as antigas placas de cobre do Forno original alemão teriam de ser reaproveitadas ao máximo.

No dia 26 de agosto de 2012, após as primeiras reuniões, a empresa canadense enviou um memorando aos participantes da A.T.U. no qual constava a seguinte passagem:

[A empresa canadense] está preocupada com a integridade da parede refratária do Forno. Nossos sistemas de refrigeração por placas de cobre são muito mais robustos e intensos que os da [empresa alemã]. Em áreas apropriadas, nós iremos reutilizar as placas de cobre existentes. No entanto, nós recomendamos que duas fileiras de nossas placas sejam instaladas acima dos skew bricks⁶⁶ para promover refrigeração melhorada na zona de contato com o metal/escória. **A [empresa canadense] também recomenda que a zona de refrigeração por placas de cobre seja aumentada para reduzir qualquer desgaste que a [empresa brasileira] encontrar durante a demolição.** Esse desgaste não pode ocorrer no novo Forno. (Arquivo de pesquisa, 2012. p.2) (tradução nossa; grifo nosso)

O memorando data do final de agosto, mas a descoberta da corrosão das paredes, feita durante a demolição do Forno, se deu em setembro de 2012. Portanto, até o momento desse memorando, ainda não se sabia, ao certo, a extensão dos danos à parede superior nem tampouco era sabido, em agosto, quantas placas de cobre seriam, de fato, reutilizáveis, porque não se conhecia as condições nas quais elas se encontravam. Contudo, a julgar pela passagem acima, o leitor poderia entender que a Operação brasileira e os Projetistas canadenses estavam de acordo em relação ao que deveria ser feito sobre o caso das paredes refratárias. De fato, inicialmente, os dois concordavam que as placas de cobre originais foram ineficazes em refrigerar o refratário – em função da formação de uma crosta protetora de escória fina e menor do que a esperada (FIG. 14) – e que o projeto das paredes refratárias precisava ser refeito. Contudo, na medida em que as discussões técnicas sobre como o novo projeto deveria ser feito se tornavam mais específicas, discordâncias entre representantes de ambas as práticas operacional e projetual começaram a surgir. Um olhar mais atento à passagem acima, principalmente à frase que destacamos em negrito, revela uma ambiguidade que escondeu, brevemente, um ponto de uma futura discordância. A passagem demonstra a

⁶⁶ “Skew bricks” são tijolos de apoio e sustentação do Forno elétrico que se encontram na base das paredes refratárias.

intenção da empresa canadense em aumentar a zona de refrigeração sem, contudo, dizer nenhuma medida específica. Essa medida, justamente, foi o tema do debate.

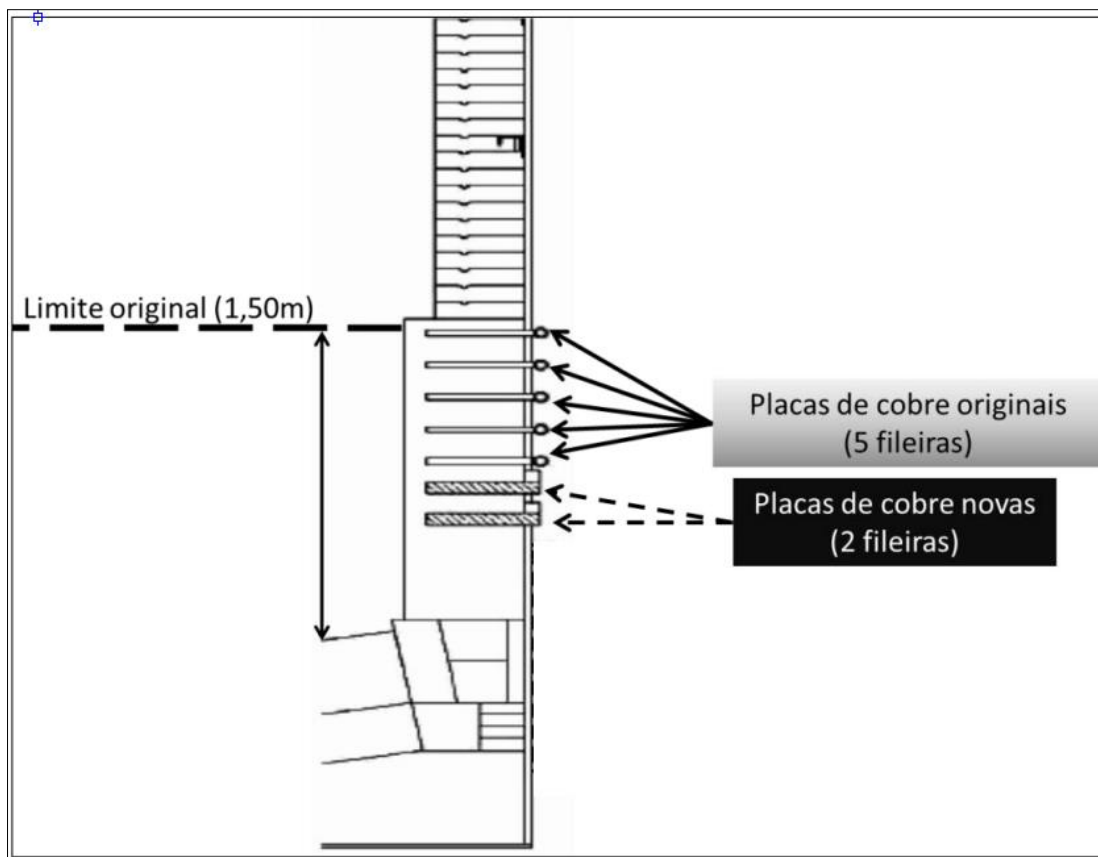
Nesse contexto, no qual a extensão da corrosão e as condições das placas ainda não eram conhecidas, um projeto inicial foi produzido, a partir das reuniões da A.T.U., para as paredes refratárias.

5.3.1 A primeira versão

A empresa canadense possuía um sistema próprio de refrigeração de paredes refratárias já aplicado em outros Fornos produtores de níquel em funcionamento em outros países. Suas placas de cobre eram mais grossas que as placas do Forno original e possuíam um sistema de refrigeração interno por tubos de água, diferente do sistema de refrigeração por tubos de água externos do Forno original, como mostrado na figura 13. Apesar de, nas palavras dos projetistas canadenses, seu sistema ter uma refrigeração mais “robusta”, a aplicação de um sistema inteiramente feito por essas placas foi considerado muito caro pelos gestores da empresa brasileira. A solução encontrada foi mesclar as placas novas com as originais, o que reduziu significativamente o custo geral do projeto em alguns milhões de dólares.

Desse modo, a primeira versão do reprojeto das paredes, feita no dia 31 de agosto de 2012, mesclava as placas de cobre originais – cujas condições ainda eram desconhecidas – com o projeto típico que os canadenses estavam habituados a realizar para outras plantas industriais:

Figura 32 – Primeira versão da parede lateral



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

Na imagem acima (FIG. 33), podemos notar que o limite original (FIG. 17) para o banho de escória e metal – de 1,50 m – foi mantido pelos Projetistas canadenses nessa primeira versão. Como mencionamos na seção anterior, os canadenses não consideravam como primordial o aumento do limite máximo do banho e sim melhorias no CTS e na inclinação da bica de escória. Por esse motivo, imprimiram seus valores mais imediatos nessa primeira versão das paredes: nela, duas placas novas, mais “robustas”, seriam posicionadas na porção inferior da parede. Essa região está em contato direto com o banho de metal e escória, portanto um reforço na refrigeração, nesse ponto, já poderia formar a crosta protetora de metal e escória solidificados (FIG. 14) que protegeria o refratário da região. As cinco placas de cobre originais acima estariam ali para reforçar a refrigeração das duas placas novas. Essa primeira versão reflete, de forma mais direta, a experiência e a concepção operacional dos Projetistas canadenses (FIG. 31). Para eles, o essencial era substituir as placas ineficazes por placas novas de maior eficiência o que, automaticamente, implicaria em aumentar a capacidade de refrigeração. Essa medida, em sua concepção, unida ao reprojeito do CTS e das

bicas de escória, possibilitaria que a Operação não precisasse de fato do aumento do limite do banho de escória e metal. Além disso, dispensar o aumento também diminuiria os custos do projeto. Contudo, essa versão não teve vida longa. Assim que os primeiros resultados da demolição começaram a chegar, o projeto das paredes refratárias já sofreu mudanças.

5.3.2 A segunda versão

Em setembro de 2012 – ao descobrir a extensão da corrosão nas paredes – a Operação requisitou, especificamente, um aumento de 1,30 m acima do canal de escória (FIG. 23). No projeto original alemão, como mostrado na figura 25, o limite era de 40 cm. A razão para esse número está no fato de que essa foi a altura máxima do desgaste sofrido nas paredes refratárias do Forno conforme as descobertas da demolição. Tal alteração era, na perspectiva da Operação, indispensável. Por esse motivo, a primeira versão foi alterada. Um membro da Operação explicou assim a questão:

Nós vimos a necessidade, na operação, de aumento de flexibilidade em relação ao nível do banho de escória. Isso era algo que tentamos incorporar no novo projeto. Era um dos parâmetros que estabelecemos para nós mesmos em termos de aumentar a flexibilidade [através do aumento do limite do banho] não apenas da escória mas do metal também. Quando percebemos que, **naquela primeira versão** do projeto das paredes, se o nível de escória se elevasse acima do limite do Forno original, o novo projeto não aguentaria tal situação. Tinha potencial para até haver corrosão das placas de cobre nas placas mais altas [em função das altas temperaturas e por serem placas originais reutilizadas]. Então percebemos que aquele projeto não iria alcançar o objetivo de providenciar proteção suficiente para o Forno dentro das condições operacionais que nós esperávamos.⁶⁷ (tradução nossa; negrito nosso).

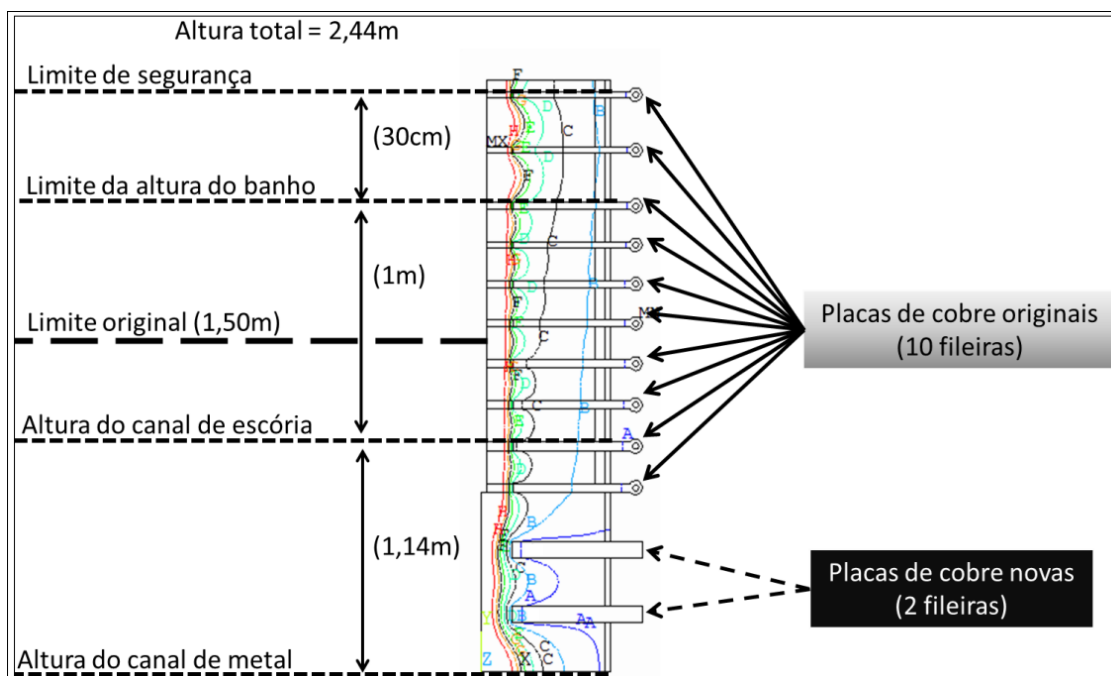
Apesar da requisição da Operação e da imposição de mesclarem placas originais e placas novas, os Projetistas canadenses se mantiveram em desacordo com o aumento do nível máximo do banho. Ao explicar seus motivos, um membro da equipe dos Projetistas canadenses disse:

⁶⁷ S, Engenheiro da empresa brasileira. Canadá, Junho, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

Eles tinham uma grande erosão na parte superior da parede **porque deixaram o volume do banho ir muito alto. Isso é pura inexperiência.** Acontece em praticamente todos os Fornos novos. Em todos acontece a mesma coisa. Então uma das exigências que tínhamos era que nós precisávamos aumentar o nível do banho de metal e escória. E foi isso que nós fizemos.⁶⁸ (tradução nossa; negrito nosso).

Apesar da discordância, os Projetistas incorporaram a requisição em uma nova versão e então apresentaram a nova proposta, ainda em setembro, com a adição de mais fileiras de placas de cobre originais (FIG. 34):

Figura 33 – Segunda versão da parede lateral



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (alterada pelo autor)

Nessa segunda versão, notamos que a quantidade das fileiras de placas de cobre nas paredes refratárias foi dobrada. O aumento chegou aos 1,30m pedidos pela Operação – com um aumento de 1m acima do canal de escória somado a 30cm extras do “limite de segurança”. Assim um Engenheiro da Operação explicou o processo que levou à construção dessa segunda versão:

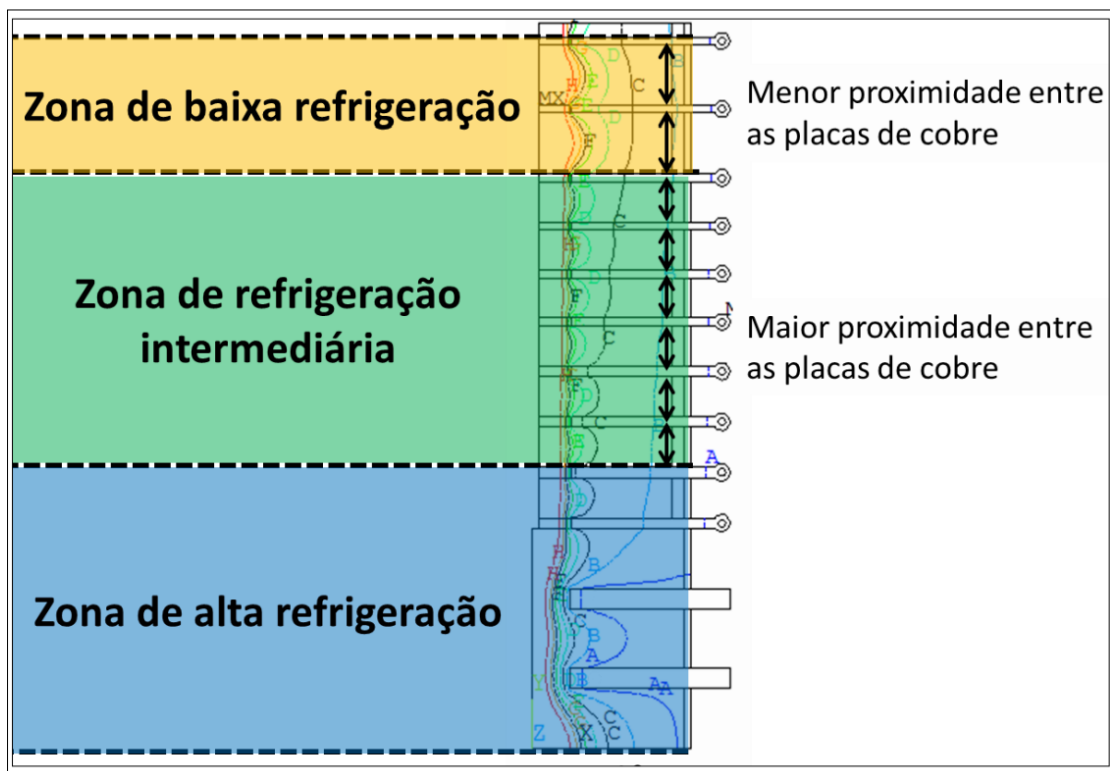
⁶⁸ Y, Projetista canadense. Canadá, Junho, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

Foram tentadas várias disposições, né. Procurando qual seria a melhor opção [da posição das placas de cobre novas e originais].

Foram os dois grupos [Operação e Projetistas que tomaram as decisões]. Pensando mais no projeto em si era a [empresa canadense]. Ela vinha com a proposta e a gente ia discutindo. O que guiou a quantidade de placas foi a gente [a Operação] que sugeriu. O número de placas foi baseado no desgaste das paredes que a gente viu nos Fornos.⁶⁹

Apesar do aumento de fileiras, a Operação percebeu, ao examinar a segunda versão, que ela ainda mantinha as restrições operacionais que eles queriam remover do novo projeto. A imagem abaixo (FIG. 35) tenta representar a percepção dos Operadores ao avaliar essa versão:

Figura 34 – Percepção da Operação sobre a segunda versão do projeto das paredes



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (alterada pelo autor)

⁶⁹ A, Engenheiro brasileiro. Brasil, Fevereiro, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

No entendimento dos Operadores, a área inferior da parede, que concentrou duas placas de cobre novas, seria uma zona de alta refrigeração. Contudo, na medida em que a altura das placas se elevava, a capacidade de refrigeração diminuiria sensivelmente, tanto em função de haver somente a proteção das placas originais como também do aumento da distância entre cada uma, o que também diminuiria a extração de calor. Portanto, nesse sentido, a inflexibilidade do projeto original seria mantida, pois a Operação ainda estaria restringida a manter o banho de escória e metal dentro da zona de alta refrigeração, o que seria um limite muito próximo ao do Forno original. Posteriormente, engenheiros da equipe de Projetistas realizaram estudos e análises de perfil térmico e confirmaram a interpretação dada pela Operação sobre essa versão. Um membro da equipe dos Projetistas explicou a concepção por detrás desse projeto:

Nós pensamos assim: “onde é que vamos colocar essas placas originais mais fracas para que elas não sejam destruídas?”. Então você as coloca no topo da parede, onde a escória não usualmente vai. Então você as coloca lá, em um lugar relativamente seguro, inócuo.⁷⁰ (tradução nossa).

A relação dessa versão com a experiência dos Projetistas foi explicitada na fala de outro membro da equipe que, ao ser perguntado “Se dependesse de vocês, independente da requisição da Operação, o que teriam feito no projeto das paredes?”:

Nós teríamos feito o benchmarking e dito: “olha, tipicamente na indústria o limite acima do canal de escória é de 60 a 90cm”. Se tivesse sido deixado nas nossas mãos, nós teríamos feito com 80 ou 90cm.

[Eles requisitaram] 1,3 m acima do canal de escória. Originalmente, tinham só 40cm. Isso era tudo que podiam operar antes. O máximo. **Mas esse não era o problema principal da Operação.** Se você olhar agora, verá que as bicas de escória estão funcionando bem, e nós sabíamos que isso aconteceria, então vai ver que eles não precisavam aumentar o limite. [...] **Eles tiveram, nos dois primeiros anos de operação, muitas dificuldades em extrair a escória** [em referência ao problema da baixa inclinação das bicas]. **Esse era o grande problema.** E se eles não conseguiam extrair, eles tinham que continuar com o Forno ligado. Eles tinham então que guardar escória dentro do Forno até que pudessem vazá-la. Então era desejo deles ter uma altura maior. Eu resolvi o problema dando a eles condições melhores para extrair. Nós fizemos o que eles pediram, mas demos a eles melhores condições pra vazar. **Eles provavelmente nunca irão precisar daquela altura.**⁷¹ (tradução nossa; negrito nosso)

⁷⁰ Y, Projetista canadense. Canadá, Junho, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

⁷¹ F, Projetista canadense. Canadá, Junho, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

A fala demonstra a diferença do que apareceu como “figura” e “fundo” para ambos os grupos: a perspectiva do usuário, na qual a flexibilidade e a possibilidade de manobras são valorizadas; a perspectiva do projetista, na qual a melhoria dos sistemas tecnológicos auxiliares dá, ao usuário, o que ele necessita. Especificamente, nessa fala, nota-se a relevância atribuída ao aumento da inclinação e à redução do comprimento das bicas. Os Projetistas canadenses entendiam que não seria necessário aumentar o limite pois, com bicas mais inclinadas e mais curtas, a Operação não teria dificuldades em extrair rapidamente escória no interior do Forno. Desse modo, a segunda versão ainda carregava, em sua forma, a noção de que a refrigeração das paredes deveria se concentrar na porção mais inferior pois, na visão prescritiva dos Projetistas canadenses, as regiões mais altas da parede “não deveriam ter escória”.

A Operação, contudo, reforçou sua requisição e a tornou mais clara: o que era pleiteado não era somente um aumento na altura do limite do banho de escória e metal, mas também uma parede lateral com uma refrigeração homogeneamente robusta. As implicações dessa reivindicação incidiriam, entretanto, no orçamento final do projeto, pois, para que ela fosse alcançada, seriam necessárias mais do que duas fileiras de placas de cobre novas. Nota-se, nesse ponto, um impasse. Como agir diante dessa discordância técnica? Quem poderia ser o juiz dessa questão? Phillip, que estava acompanhando a discussão e tinha o poder de decisão, tinha, em mãos, uma escolha a fazer: optar por atender a reivindicação da Operação e aumentar os custos do projeto, ou manter o projeto como estava.

5.3.3 O dilema

Para que fique claro o dilema técnico envolvido nessa questão, iremos colocar o impasse sob outro prisma. Há, além de um impasse técnico, um dilema que chamaremos de “dilema temporal”. Ambas as perspectivas, tanto a da Operação como a dos Projetistas, carregavam concepções diferentes sobre o futuro e o passado. Para a Operação, o contexto vivido anteriormente, na operação do Forno original, poderia se repetir no futuro em função dos vários problemas e imprevistos já enfrentados. Nada poderia, de acordo com essa visão, dar garantias do contrário. Isto é, mesmo com o reprojeto, ainda persistia a possibilidade de que outros problemas sequer imaginados pudessem ocorrer e, quando ocorressem, um fator determinante para o sucesso operacional seria a flexibilidade do novo Forno. Um Forno

elétrico que oferecesse à Operação condições de contornar situações imprevistas, ou talvez até mesmo cenários problemáticos similares aos já enfrentados, era o desejo dos Operadores. Para os Projetistas, no entanto, o novo Forno traria consigo um novo contexto operacional, no qual as adversidades do passado não se repetiriam. As melhorias realizadas no novo projeto fariam do Forno uma tecnologia diferente, que não enfrentaria as adversidades que tinham surgido antes. Mas isso era visto pela Operação, mais uma vez, como uma promessa – tal qual a feita pelos Projetistas alemães.

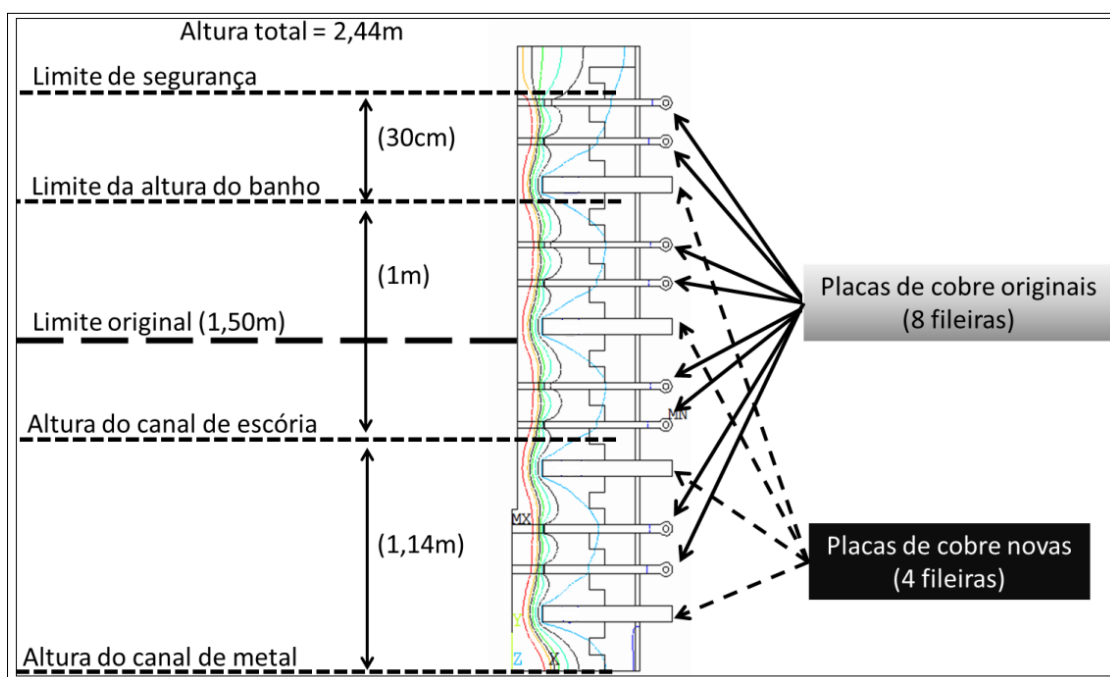
Nesse sentido, enquanto o primeiro grupo queria se precaver em relação à possibilidade da repetição de acontecimentos passados, o segundo acreditava que as condições de existência desses acontecimentos seriam apagadas com algumas das melhorias realizadas. Sublinhamos, quanto aos pontos de vista em disputa, que não era possível, no contexto no qual o dilema surgiu, saber, de antemão, a resposta. As duas perspectivas traziam previsões para o futuro baseadas na experiência vivida e na expertise técnica dos envolvidos. Se não era possível prever o futuro e se o dilema carecia de balizadores para ser respondido, como agir? Como é possível, portanto, tomar essa decisão? Tal dilema não poderia ser resolvido por questões puramente técnicas. Uma escolha de cunho político, entre a Operação e os Projetistas, precisava ser feita. A atividade de projeto é, como nos lembra Bucciarelli (2003), também carregada de política.

A decisão de Phillip confirmou a “virada de concepção” mencionada no capítulo 4, a saber, a mudança cultural e pessoal que passou a dar maior visibilidade à prática operacional ao invés de insistir na priorização da prática projetual. Phillip decidiu apoiar o pedido da Operação e apostar em um aumento da quantidade das placas de cobre novas. A questão para ele, contudo, não apareceu como um dilema. Seu posicionamento inicial era o de que a Operação deveria receber um novo Forno redutor que atendesse as expectativas de mais flexibilidade. De certo modo, a decisão já estava tomada, pois a experiência vivida de lidar com uma controvérsia tecnológica entre Projetistas alemães e Operadores brasileiros, que levou à “virada de concepção” havia direcionado Phillip para isso. Desse modo, uma terceira – e quarta – versões foram criadas.

5.3.4 A terceira e a quarta versões

Ainda no final de setembro, uma terceira versão para o projeto das paredes refratárias foi criada, chamada de versão “sanduíche” por alguns integrantes. Essa versão tinha por princípio atender especificamente o pedido da operação por mais flexibilidade. Então, na nova configuração, duas placas originais seriam colocadas entre placas novas. Assim, em uma distribuição mais igualitária entre placas originais e novas, os estudos de perfil térmico conduzidos pelos engenheiros da empresa canadense confirmavam que essa configuração suportaria altas temperaturas da sua base até o fim, algo que deu embasamento técnico à decisão e a reforçou. O número de placas de cobre novas dobrou, enquanto que o número de placas originais foi reduzido. Uma representação do projeto sanduíche (FIG. 36):

Figura 35 – Terceira versão do projeto das paredes refratárias



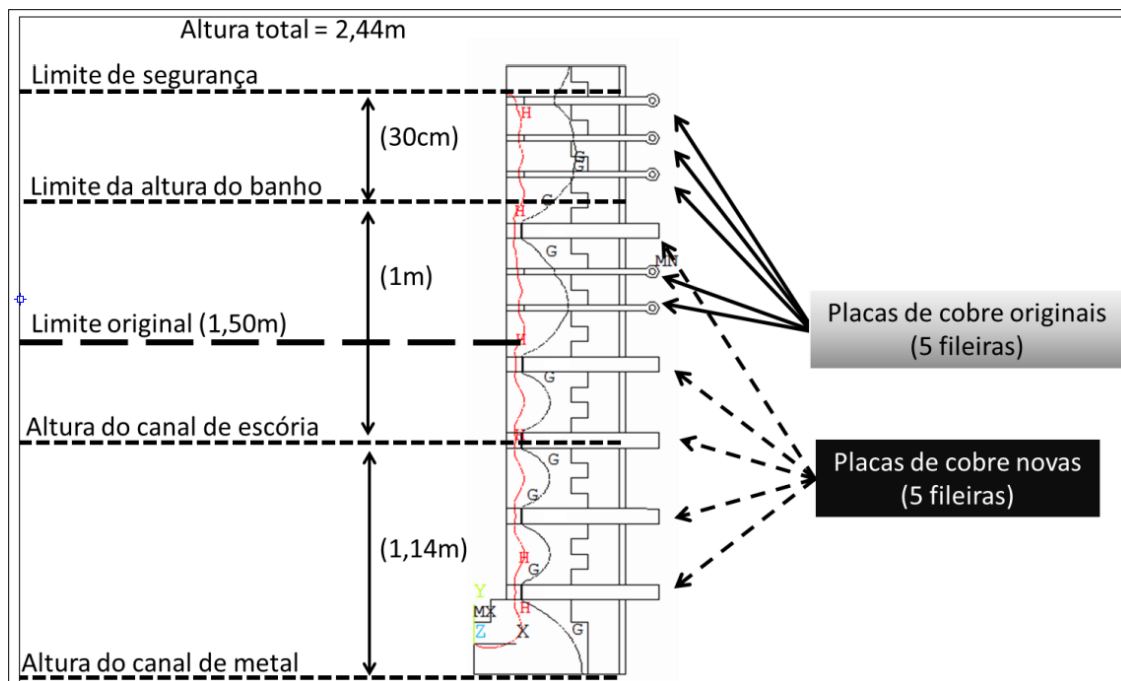
Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

Mantendo as medidas anteriores, agora a nova parede contaria com uma refrigeração mais homogênea graças à uma nova distribuição entre as placas originais e as novas placas da empresa canadense.

Simultaneamente o processo de demolição estava sendo concluído e, com ele, más notícias chegaram: da estimativa inicial de 1200 placas de cobre originais disponíveis, somente 971 estavam em condições de serem reutilizadas. As outras estavam destruídas. Uma bateria

de testes feitos pela empresa brasileira e pela canadense trouxe a uma conclusão ainda menos positiva: das 971 placas disponíveis, somente 514 seriam reutilizáveis. Considerando que cada fileira acrescentada no projeto significaria, na prática, o uso de 100 placas, a terceira versão foi revisada (FIG. 37):

Figura 36 – A quarta versão do projeto das paredes refratárias

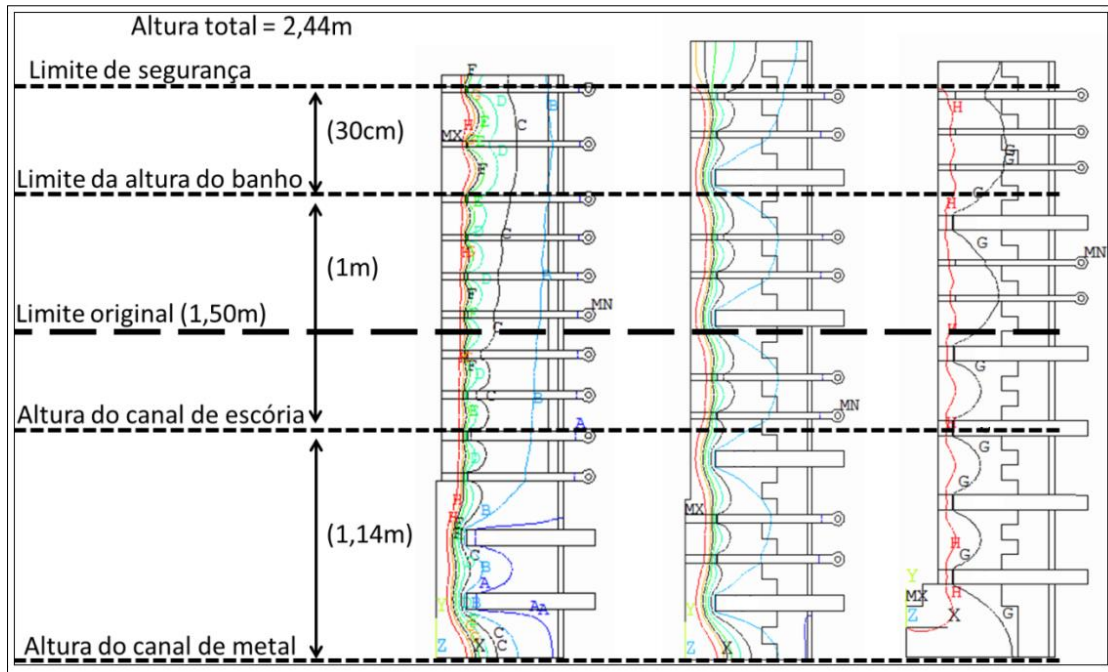


Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

A versão final é uma síntese das negociações e requisições de todos os grupos envolvidos. Ela incorporou a restrição das placas disponíveis, reduzindo o uso das placas originais para cinco fileiras ao invés de oito. Como se pode notar, a quarta versão resultou de um processo intenso de análise, negociações e restrições. Cada um deles interferiu significativamente no resultado final. Nesse novo arranjo, a preocupação da Operação em intercalar placas novas e originais, aumentando a refrigeração nas partes superiores, também foi atendida. Contudo, a noção inicial de que as placas novas, mais grossas e robustas, deveriam se concentrar majoritariamente na porção inferior para absorver o calor do banho de escória também está presente. Com isso, a Operação recebeu um aumento no limite máximo do banho de escória e, além disso, a refrigeração na porção inferior da parede refratária, que está em maior contato com o banho, foi reforçada.

Essa imagem (FIG. 38) ilustra a transição das versões 2 a 4, que possuem um aumento no limite máximo do banho de escória:

Figura 37 – Transição do projeto das paredes refratárias



Fonte: Arquivo de pesquisa, 2012 (figura alterada pelo autor)

O processo final resultou em um aumento dos 40cm acima do canal de extração de escória para 1,30 m. Com uma altura de banho total de 2,44 m⁷², ambos os grupos se consideraram satisfeitos com o resultado. O projeto incorporou, em seu último estágio, três valores: aumento de flexibilidade; economia, pela reutilização de placas originais; reforço de refrigeração na porção inferior da parede. Com essa última versão, a fase de projeto havia terminado e a fase de construção começaria. As reuniões da A.T.U. foram encerradas em janeiro de 2013.

Através da discussão entre a Operação brasileira e os Projetistas canadenses, pudemos notar experiências diferentes, que embasaram sistemas de percepção distintos que traziam consigo uma discriminação diferente entre “figuras” e “fundos”. Práticas e experiências vividas diferentes priorizaram diferentemente. A assertiva de Garrigou sobre o processo de projeto ser uma “confrontação de conhecimentos” (1995, p. 314) nos parece adequada. A definição de Bucciarelli (1996, p. 18), ao dizer que o processo de projeto não é puramente científico, nos

⁷² O comum, para fornos desse tipo, segundo os projetistas, seria aproximadamente 1,90m. Anteriormente, o limite era de 1,50m.

chama a atenção: com efeito, não era possível saber, de antemão, qual decisão resultaria no melhor projeto possível. Em momentos nos quais uma decisão “embasada cientificamente” não era suficiente ou possível, tal como o momento do dilema técnico entre alterar ou não o projeto das paredes refratárias, a experiência vivida por toda equipe brasileira, incluindo aí Phillip e os restantes membros da Operação, referente a priorização do discurso “científico” e desgaste com os Projetistas alemães, direcionou e embasou suas escolhas. Escolhas essas que acarretaram não somente em opções técnicas diferentes, mas também em opções políticas diferentes. Se, anteriormente, as contribuições técnicas dos Projetistas estrangeiros sobrepujavam as da Operação brasileira, tal quadro se transformou no caso do reprojeto das paredes refratárias. Ao final, a última versão das paredes (FIG. 37) incorporou as contribuições de ambos os grupos. Na A.T.U., a interação se deu de forma mais simétrica.

Pode-se perceber um contraste entre as decisões políticas de priorização de discursos realizadas no começo do projeto e durante a A.T.U. Por essas razões, interpretamos todo esse caso como um arco que descreve um processo de mudança cultural dentro da empresa brasileira, mesmo que localizado e especificamente relacionado a esse caso, forçosamente iniciado pelo desgaste nas relações com a empresa projetista alemã e, em especial, pelo vazamento espontâneo ocorrido em abril de 2012.

A seguir analisaremos as implicações desse caso, assim como apresentaremos nossas conclusões.

6 Conclusões

6.1 O conflito de noções cristalizadas e o mundo da flexibilidade operacional

Ao final de outubro de 2014, em um evento que reuniu membros da empresa brasileira e da empresa canadense, um dos membros da Operação narrou a situação do novo Forno redutor, reprojeto nas reuniões da A.T.U. Considerando que a construção já havia sido concluída e a Operação havia retomado suas atividades há alguns meses, o engenheiro explicou qual era o novo quadro. Primeiramente ele relatou, com satisfação, que recordes de produção estavam sendo quebrados e que o Forno nunca funcionara tão bem. A Operação brasileira e os Projetistas canadenses estavam, como se pode deduzir, muito satisfeitos com os resultados.

Quando perguntado sobre o caso do reprojeto das paredes refratárias, especificamente se – após meses de operação –, o aumento do limite do banho de escória e de metal havia sido de fato necessário, ele respondeu:

Sim! Foi muito importante, principalmente no primeiro mês de operação. Logo no começo. Nesse começo, nós ainda estávamos aprendendo a usar o Forno novo, então acabamos precisando do espaço extra pra errar de vez em quando⁷³.

O mesmo engenheiro disse que, após os primeiros dois meses, a Operação, como um todo, deixou de precisar do “espaço extra” que ganharam. Mas que, apesar de minimizados, alguns problemas ainda eram enfrentados em relação a algumas tecnologias periféricas, como o CTS. Tudo em uma escala menor e que não comprometia os bons resultados. A operação, em resumo, estava conseguindo produzir em quantidades nunca antes atingidas.

O resultado do intenso jogo de negociações entre Operadores brasileiros e Projetistas canadenses parece ter sido um Forno que atendeu às demandas dos usuários que, segundo o engenheiro entrevistado, parecem ter tido razão em requisitar o aumento do limite do banho. A concepção por trás do projeto final, que dava aos operadores uma margem maior de “manobra” e que, apesar de ter reprojeto as tecnologias periféricas, não contava somente

⁷³ R, Engenheiro brasileiro. Brasil, Outubro, 2014. Entrevista concedida a Saulo Costa Val de Godoi.

com elas, era a de um usuário no centro da operação, que dispunha de flexibilidade para agir e se desviar de imprevistos caso fosse necessário. Desse modo, o projeto final do Forno não pressupunha que as tecnologias em torno do Forno fizessem todo o serviço. Pelo contrário, apesar de terem sido reprojatadas, as grandes mudanças vieram do aumento significativo de possibilidades de ação para os usuários. Essas possibilidades incluíam, como o próprio operador disse, uma margem de erro que foi necessária para o aprendizado, ou seja, para o novo *ramp-up*. A essa perspectiva final, na qual ocorreu a cristalização de uma concepção que conferia ao operador maior “protagonismo operacional”, construída em conjunto por Operadores brasileiros e Projetistas canadenses, chamaremos de “**mundo da flexibilidade operacional**”.

Podemos resumir o caso empírico através das versões do projeto do Forno redutor e da transição de “mundos” que embasaram esses projetos. Inicialmente, o “**mundo da otimização energética**”, ligado ao projeto do Forno original alemão, depositava grande confiança e enfoque na tecnologia e em um suposto equilíbrio operacional que derivaria dela. Está pressuposta uma afinação precisa entre todos os sistemas tecnológicos da planta e todas as tecnologias periféricas ao Forno. Pressupondo essas condições, o Forno original teria um aproveitamento energético tão eficaz que diminuiria os custos da produção. Nessa perspectiva, o usuário atua para manter os sistemas em equilíbrio – controlando o limite do banho de metal e escória precisamente – e, caso haja falha, a responsabilidade é dele e não da tecnologia. Esse foi o posicionamento dos Projetistas alemães no contexto do vazamento espontâneo e da descoberta da corrosão na parede superior.

O mundo alemão entrou em choque com o “**mundo da variabilidade operacional**” que compunha a experiência vivida dos membros da Operação como um todo. Nesse mundo, o Forno elétrico não funcionava como o esperado: o sistema de aferição do nível do banho de metal e escória por barra de ferro não funcionou; as bicas de escória sofriam com a formação constante de build-ups que atrasavam a rotina, a velocidade e a frequência dos vazamentos; o CTS que falhava constantemente e comprometia uma “alimentação” regular do Forno. A saída, na perspectiva da Operação, seria um aumento da flexibilidade operacional, para que os usuários do Forno tivessem mais condições de contornar os imprevistos derivados de tantas fontes de variabilidade industrial enfrentadas no decorrer da operação.

Em seguida, o primeiro contato com os Projetistas canadenses revelou uma perspectiva não muito diferente da alemã. As primeiras sugestões dos canadenses estavam ligadas a reprojatar tecnologias periféricas que, segundo a experiência desses profissionais,

estavam equivocadamente dimensionadas e projetadas. A perspectiva, chamada de “**mundo da eficiência periférica**”, apesar de promover mudanças gerais no projeto de tantas tecnologias, ainda estava focada nas tecnologias em si e, sob esse aspecto, era semelhante à perspectiva alemã. Embora tais mudanças fossem bem vindas pelos Operadores brasileiros, tal como a mudança do ângulo e comprimento das bicas de escória, eles ainda sentiam que focar somente na tecnologia não era a resposta. Se considerarmos a corrosão encontrada nas paredes superiores, é possível entender que os operadores não tinham razões para depositarem fé em um projeto que os deixasse em segundo plano novamente, como ocorrera no projeto original alemão. Por esse motivo, requisitaram maior flexibilidade operacional, através do aumento do limite máximo do banho de metal e escória. Os Projetistas canadenses ainda consideraram tal mudança desnecessária, embora tenham, após três versões, construído o reprojeto de acordo com essa nova perspectiva, juntamente com os Operadores brasileiros.

Contudo, cabe uma pergunta: por que, nos “mundos” dos Projetistas, ou seja, nas bases conceituais que sustentaram seus projetos, o enfoque foi dado à tecnologia e o usuário – enquanto ser ativo e responsável pela operação – foi preterido? Em outras palavras: se havia a possibilidade de dar ao usuário maior flexibilidade operacional, por que isso não foi feito desde o projeto do Forno original? Poderíamos inferir que, justamente por serem projetistas, os representantes da prática projetual já possuem, como um pressuposto intrínseco, uma aposta maior na tecnologia do que nos usuários? Tal resposta poderia explicar parcialmente a questão. No entanto, se somássemos essa questão a outra, essa resposta não seria satisfatória. Cabe também nos questionarmos por que, além dos Projetistas, a burocracia e os procedimentos da própria empresa brasileira determinaram que, em caso de desavenças, a prioridade deveria ser dada aos fornecedores – ou seja, aos Projetistas estrangeiros – daquelas tecnologias. Em ambos os casos, os usuários-operadores foram preteridos e, portanto, seria razoável supor alguma relação entre a postura dos Projetistas estrangeiros e a da empresa brasileira?

Quanto a esse ponto, a análise teórica sobre os posicionamentos referentes à tecnologia se faz necessária. Consideramos, diante desse quadro, que a concepção determinista sobre a tecnologia tem um papel central no caso estudado. Entendemos que a empresa brasileira priorizou a prática projetual em função dessa postura. Não somente, os próprios Projetistas, nesse caso, tanto alemães como canadenses, carregavam tais concepções ao realizarem seus projetos. Tanto a empresa brasileira quanto os Projetistas estrangeiros possuíam valores deterministas que conferiam maior legitimidade e poder político à “ciência”, à tecnologia, à prática projetual, em detrimento dos usuários/operadores. Neste sentido,

Phillip, na sua chegada, era um representante dessa visão. Compreendemos, em relação a esses pontos, que as influências da noção de determinismo tecnológico não estava somente na relação entre usuários e projetistas que ocorreu durante os embates testemunhados por Phillip: consideramos que tais concepções tiveram uma influência direta nos próprios projetos do Forno redutor, tanto no original quanto nas duas primeiras versões (FIG. 33 e 34) desenvolvidas pelos Projetistas canadenses.

Philip teve suas convicções abaladas pelo vazamento espontâneo e pelo início da controvérsia tecnológica entre Projetistas alemães e Operadores brasileiros, sofrendo um impacto capaz de reconfigurar seu posicionamento determinista inicial. Tal reconfiguração, provocada por uma experiência vivida, concreta, possibilitou, em seguida, uma mudança igualmente radical no posicionamento dele quando da concepção do projeto do novo Forno redutor, na qual os usuários – e suas demandas – foram priorizados. O processo de cristalização do reprojeto se deu, nesse segundo momento, através de uma atividade conjunta entre operadores e projetistas – embora forçada pelos primeiros.

O resultado, segundo um membro da própria Operação, tem superado as expectativas mais otimistas. Contudo, o processo não foi simples. O caminho até o “mundo da flexibilidade operacional” representou um custo muito elevado para a empresa brasileira e para todos os profissionais envolvidos no caso. Com relação a esse ponto, cabe uma pergunta: de quanta “flexibilidade” precisa o “mundo da variabilidade operacional” para que ele funcione produtivamente? Como vimos na seção “Adentrando a prática projetual: a experiência dos Projetistas canadenses”, em especial na (FIG. 31), talvez o “mundo da eficiência periférica” venha, de fato, funcionando em outras plantas sem a necessidade de um projeto tão flexível quanto o desenvolvido nas reuniões da A.T.U. Tal questão carece de investigações mais aprofundadas. Contudo, ela demonstra a complexidade e o desafio intrínsecos à empreitada de articular usuários e projetistas para obter mais flexibilidade operacional.

Outros pontos, a respeito dessa empreitada, precisam ser notados. Para articular Operadores brasileiros e Projetistas canadenses, não bastou simplesmente colocá-los em diálogo. Divergências surgiram e, embora não tenham se transformado em um grande conflito e muito menos produzido desgastes entre a equipe operacional e a equipe de Projetistas canadenses – o que produz um grande contraste com o cenário de start-up da planta e com o vazamento espontâneo –, elas de fato ocorreram e demandavam soluções. A solução para tais impasses, em um contexto cheio de incertezas, se deu não somente pela via “científica”, pois ela se torna insuficiente em cenários como esse. Embora cada uma das decisões contasse com

estudos de especialistas e com análises de perfil térmico, a tomada de decisão se deu também pela via “política”. Foi em função de uma decisão política de priorizar – no caso da discussão sobre o projeto das paredes refratárias – a contribuição da Operação, que o embasamento “científico” surgiu. E essa transformação política, na qual a Operação e os usuários foram priorizados no projeto, se deu através da experiência vivida, ou seja, através de eventos como o vazamento espontâneo, a controvérsia, a descoberta da corrosão nas paredes superiores. Por essas razões, os gerentes da empresa brasileira decidiram forçar o aumento da flexibilidade operacional. Como analisamos na seção “A primeira versão” (FIG. 33), a postura inicial da empresa canadense era semelhante à alemã, no sentido de ser contrária a um aumento de flexibilidade operacional no projeto do novo Forno. Para que tal demanda fosse, de fato, incluída, foi necessária uma imposição de Phillip, em nome da empresa brasileira, em seu papel de cliente, para que o limite do banho de metal e escória fosse, de fato, aumentado. Essa mudança foi realizada apesar da discordância dos Projetistas canadenses, que pôde ser notada através de suas falas em muitas entrevistas.

A opção contrária ao aumento de flexibilidade, sugerida pelos Projetistas, de somente melhorar os sistemas periféricos, também contava com estudos mostrando o sucesso de suas tecnologias em projetos anteriores para apoiá-la. Contudo, considerando todos os eventos posteriores ao momento dessa decisão, podemos entender que, do ponto de vista da Operação e da empresa brasileira como um todo, não havia razões para acreditar que as novas tecnologias funcionariam como o prometido, dado que as originais não funcionaram. A aposta no “mundo da flexibilidade operacional” ocorreu embasada não somente por laudos feitos por especialistas, mas em função da experiência adquirida pela equipe operacional como um todo até aquele momento, incluindo aí Phillip, que acompanhara tudo desde o início e, a julgar por suas ações no início e no final do caso, teve sua perspectiva transformada no processo.

Afinal, uma última pergunta cabe: teria a empresa brasileira, como um todo, vivido uma mudança referente à priorização da prática projetual em detrimento da prática operacional? Sobre essa dúvida, que pode ser resumida em questionar a abrangência e a profundidade da “virada de concepção” vivida no seio da gerência da empresa brasileira, protagonizada por Phillip e sua equipe, oferecemos algumas ponderações. Consideramos haver, de fato, uma mudança de concepção provocada pela intensidade dos vários episódios ocorridos na planta industrial brasileira, tais como o “vazamento espontâneo”. A virada consistiu em ouvir a contribuição dos operadores e levar, seriamente, seu ponto de vista em consideração. Mas a ruptura com o “determinismo tecnológico” não parece ter sido cabal e geral. Apesar da mudança de Phillip, que ocupa um cargo relevante, não podemos afirmar que

toda a empresa brasileira – e nem a empresa canadense – tiveram suas “culturas empresariais” alteradas por esse evento. Entendemos, por outro lado, que a “virada de concepção” se deu localmente por aqueles que experimentaram e viveram todos esses episódios pessoalmente.

É justamente sobre esse ponto que repousa uma das contribuições pretendidas por essa investigação. Através dessa análise, esperamos poder contribuir para que a empresa brasileira (e outras) possam refletir mais conscientemente sobre o conceito cultural que molda as relações de trabalho dentro de seus espaços. O foco na experiência vivida de cada um dos atores sociais e a tentativa de rompimento com a assimetria previamente estabelecida entre representantes de práticas diferentes pode, como vimos, trazer resultados positivos. Por esse motivo, finalizaremos a análise com recomendações para a construção de interações mais positivas.

6.2 Caminhos para uma interação produtiva

Nosso objetivo, com esse estudo, não foi julgar as empresas e os grupos envolvidos no caso como certos ou errados, como heróis ou vilões. Nosso trabalho buscou traçar uma compreensão que articulasse a particularidade dos acontecimentos daquela planta industrial brasileira e do projeto e reprojeto do Forno elétrico com noções filosóficas sobre a tecnologia mais gerais. De certo modo, entendemos que, pelo fato de que o determinismo tecnológico estar incorporado na prática de tantos grupos e, inclusive, no cotidiano e infiltrado no senso comum, os conflitos presentes na relação entre usuários e projetistas que notamos no caso estudado podem e provavelmente irão ocorrer de modo similar em vários outros lugares.

Nesse ponto, acreditamos, está a contribuição central de nosso trabalho: contribuir com a discussão a respeito da relação entre usuários e projetistas para que desentendimentos entre esses dois grupos possam ser compreendidos de outro modo. No caso específico que estudamos, notamos, inicialmente, que a assimetria nas relações e as diferenças de “mundos” entre Operadores brasileiros e Projetistas alemães levou a desgastes e a insatisfações mútuas. Por causa dessa mesma configuração temos, simultaneamente, um processo de ofuscação da prática operacional e, por vezes, de silenciamento de seus porta-vozes, como ocorreu no início do start-up. Nossa cultura, impregnada pela mitificação da tecnologia e de suas capacidades, não tem como um de seus valores conferir visibilidade ao discurso e à prática operacional.

Buscar essa visibilidade é o que tem motivado o esforço empreendido por tantos estudos da ergonomia francesa, que têm demonstrado, consistentemente, a complexidade e a inventividade da prática operacional, em oposição à imagem de um trabalho repetitivo, carente de reflexão, no qual “basta somente apertar uns botões aqui e ali”.

Em oposição, temos, nas universidades, nos veículos de divulgação científica e até mesmo no senso comum, a mitificação e excessiva valorização do discurso científico e da tecnologia. Aquele que tem em mãos projeções e números pode angariar para si o poder simbólico e a credibilidade que tal discurso possui. Desse modo, a divisão social do trabalho nas cidades gregas se encontra reproduzida, adaptada e mascarada nas sociedades atuais.

Acreditamos que, através da aplicação, por parte de empresas e de seus gerentes, de metodologias de criação de projetos mais “simétricas” e colaborativas, nas quais as especificidades e os discursos de práticas diferentes são levados em consideração com maior isonomia, seria possível caminhar na direção de interromper ou, pelo menos, suspender a repetição de valores culturais oriundos da antiguidade que ainda permeiam nossas relações sociais. A partir do reconhecimento da relevância e das especificidades de cada uma das práticas envolvidas no cenário de produção, temos um aumento da visibilidade da prática Operacional, ao mesmo tempo em que ocorre o abandono da noção mítica de que o discurso científico e, por extensão, a prática Projetual, precisa dar todas as respostas. Assim, pode-se dar maior visibilidade ao “trabalho invisível” (BÉGUIN, 2009, 161) da Operação e, simultaneamente, evitar expectativas exageradas em relação à capacidade de resolução de problemas tecnológicos dos representantes da prática Projetual. Quando cada prática é compreendida segundo suas possibilidades específicas de contribuição e convidada a participar do processo de tomada de decisões, a interação entre elas pode não mais seguir os padrões vistos nesse trabalho, tornando-se produtiva e bem sucedida, como ocorreu no caso do reprojeto analisado.

Referências Bibliográficas

ARISTÓTELES. *Política*. Trad. De Mário da Gama Kury. Brasília: Ed Universidade de Brasília, 1985.

AUSTIN, Michel; VIDAL-NAQUET, Pierre. *Economia e sociedade na Grécia antiga*. Lisboa: Edições 70, 1996.

BÉGUIN, P. *When Users and Designers Meet Each Other in the Design Process*. In: OWEN, C.; BÉGUIN, P.; WACKERS, GL. *Risky Work Environments: Reappraising Human Work Within Fallible Systems*. Australia: Ashgate, 2009.

BUCCIARELLI, Louis L. *Designing Engineers*. Cambridge: MIT Press, 1996.

BUCCIARELLI, Louis L. *Engineering Philosophy*. Delft: Delft University Press, 2003.

BLOOR, David. *Conhecimento e imaginário social*. São Paulo: Ed Unesp, 2009.

CORBETT, M. *Human centred advanced manufacturing systems: From rhetoric to reality*. In: *International Journal of Industrial Ergonomics*, nº 5, 1990.

COLLINS, Harry. *The sociology of scientific knowledge*, In: K. KNORR-CETINA e MULKAY, M. (eds.), *Science observed: perspectives on the social study of technology*, Londres/Beverly Hills/New Delhi: Sage Publications, 1983.

COLLINS, Harry. *O Golem à solta: O que você deveria saber sobre tecnologia*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010a.

COLLINS, Harry. *O Golem: O que você deveria saber sobre ciência*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010b.

COLLINS, Harry. *Mudando a Ordem: replicação e indução na prática científica*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2011.

CONDÉ, Mauro L.L. *Ciência e Cultura na História*. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2006.

DANIELLOU, F. *The French-speaking ergonomists' approach to work activity: cross-influences of field intervention and conceptual models*. In: *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 6(5), 409-427, 2005.

DANIELLOU, F.; LAVILLE, A.; TEIGER, C. *Ficção e realidade do trabalho operário*. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. n.17, v.68, p.7-13, 1989.

DE GRAZIA, S. *Of time, work, and leisure*. New York: Twentieth Century Fund, 1962.

DUARTE, F. (2000). Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. IN: DUARTE, F. (org.) *Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo*. Rio de Janeiro, Lucerna, pp. 11-21.

FEENGERG, Andrew. *A Teoria Crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*. NEDER, Ricardo T. (org.). Ciclo de Conferências Andrew Feenberg. Universidade de Brasília, 2010.

FERREIRA, R. B.; LIMA, F. P. A. *A Difícil concepção de sistemas informáticos*. In: V CBGDP, 5., 2005, Curitiba, PR. *Resumos...* Curitiba, 2005, p.1-8.

FINLEY, M. I. *Os Gregos Antigos*. Trad. Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 1988.

FLORENZANO, Maria, B.B. *O Mundo Antigo: Economia e Sociedade (Grécia e Roma)*. Brasília: Ed. Brasiliense, 1982.

FUCHS-KITTOWSKI, K. e WENZLAFF, B. *Participation and Beyond*. In: DOCHERTY, P. et al. (Eds.) *System Design for Human Development and Productivity*. Amsterdam: Elsevier Science, 1987.

GARRIGOU, A., DANIELLOU, F., CARBALLEDA, G., RUAUD, S. *Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity*. *International Journal of Industrial Ergonomics*. V. 15. p. 311 – 327. 1995.

HEDMAN, M. *A new approach to organizational change*. In: Karwowski, W. e Rahimi, M. (Eds.), *Ergonomics of Hybrid System II*. Amsterdam: Elsevier Science, 1990.

HOBSBAWN, Eric. *A Era dos Extremos: o breve século XX: 1914 – 1991*. São Paulo: Cia das Letras, 1995.

KRAUS, R. *Recreation and leisure in modern society*. New York: Harper Collins, 1990.

KUNH, Thomas S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo, SP: Perspectiva Ed, 1998.

LATOUR, Bruno. *A Esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru, SP: EDUSC, 2001

LE GOFF, Jacques. *Os Intelectuais na Idade Média*. São Paulo: José Olympio, 2003.

LEPPÄINEN, A. *Development of a complex productional system through workers' participation*. In: QUÉINNEC, Y. AND DANIELLOU, F. (Eds.), *Proceedings of the 11th Congress of IEA*. Londres: Taylor & Francis, 1991.

LIMA, F. P. *The social construction of design processes in complex organizations* In: BROGERG, O. et al. (Eds). *Human factors in organizational design and management – xi*. Nordic Ergonomics Society Annual Conference, 46. Santa Monica, CA: IEA Press, 2014.

MARTENSSON, L.K. *Participation as a design tool*. In: *Proceedings of the 9th Congress of the International Ergonomics Association*. Londres: Taylor & Francis, 1985.

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da Percepção*. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

NEUMAN, J. *Why people don't participate when given the chance*. In: Industrial Participation, nº 601. 1989.

REUTER, W. *Procedures for participation in planning, developing and operating information systems*. In: DOCHERTY, P. et al. (Eds.), *System Design for Human Development and Productivity: Participation and Beyond*. , Amsterdam: Elsevier Science, 1987.

RIBEIRO, R. Levels of Immersion, Tacit Knowledge and Expertise. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, V. 12, n. 2, p. 367-397, Abril. 2012.

RIBEIRO, R. The Role of Experience in Perception. *Human Studies*. V. 37, n. 4, p. 559-581, Dezembro, 2014.

SESSOMS, D. *Leisure services*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984.

SUCHMAN, Lucy A. *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. New York: Cambridge University Press, 1987.

VINCK, Dominique (Org). *Engenheiros no Cotidiano: Uma Etnografia da Atividade de Projeto e Inovação*. Belo Horizonte: Fabrefactum. 2013.

WILSON, J. *Design decision groups: A participative process for developing workplaces*. In: Noro, K. e Imada, A. (Eds.), *Participatory Ergonomics*. Londres: Taylor & Francis, 1991.

WISNER, A. *Antropotecnologia: ferramenta ou engodo*. *Ação Ergonômica*. V. 1, p. 7-35, 1999.

WISNER, Alain. A Antropotecnologia. In: *Estudos Avançados* 6 (16), 1992. p. 29-30.

WITTGENSTEIN, Ludwig. *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell, 1976 [1953].

TILGHER, A. *Homo faber: Work through the ages*. Chicago: Renery, 1930.