LUCIANO DO VALLE GAROTTI

**O trabalho em produção contínua:
Uma abordagem ergonômica na indústria do petróleo**

São Paulo
2006

Luciano do Valle Garotti

**O trabalho em produção contínua:
Uma abordagem ergonômica na indústria do petróleo**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia de Produção

Orientador:
Fausto Leopoldo Mascia

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Garotti, Luciano do Valle

**O trabalho em produção contínua: uma abordagem
ergonômica da indústria do petróleo / L. do V. Garotti.
-- São Paulo, 2006.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Ergonomia (Engenharia de Produção) 2.Mineração 3.Gás
natural (Extração; Distribuição) 4.Petróleo (Extração; Distribui-
ção) 5.Administração de projeto 6.Arranjo físico 7.Produção in-
dustrial I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Depar-
tamento de Engenharia de Produção II.t.**

*A José Lamas do Valle, pelo
exemplo de serenidade,
perseverança e sabedoria.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus avôs, pela lembrança simples e carinhosa que me trazem.

Agradeço a minha companheira Carol, pela paciência e compreensão nos momentos de reclusão e distância que se fizeram necessários.

Não posso deixar de agradecer aos meus pais e irmãs pela força e pela ajuda em momentos de necessidade. Não consigo mais contar quantas vezes pegaram ou devolveram livros ou trabalhos por mim, nem quantas vezes demonstraram sua preocupação com o meu bem-estar da forma mais carinhosa possível.

Agradeço também ao meu orientador, Fausto Mascia, pela paciência, pelos ensinamentos, pela disposição e por ajudar a reduzir a distância entre nós, atendendo-me mesmo fora de seu trabalho e abrindo mão das tardes de sábado para orientar meus trabalhos.

Agradeço ao professor Laerte, que me apresentou a Ergonomia e despertou meu interesse por esta área do conhecimento, servindo como uma ferramenta para tornar nosso mundo mais humano e sensato.

Agradeço também GEPLAT Manoel por disponibilizar minhas visitas ao campo de pesquisa.

Agradeço, com muito carinho, aos funcionários da biblioteca do Departamento de Engenharia de Produção, Paulo, Vera e Roni, pelo auxílio prestado do começo ao fim deste trabalho.

Não posso deixar de agradecer à Déborah Martinez de Mattos, pela amizade, pela confiança, pela ajuda e pela compreensão com meus estudos e meus objetivos.

Agradeço também aos meus companheiros de trabalho, pelo apoio, pela companhia neste período e pelos momentos de descontração.

RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo ergonômico sobre o trabalho de operadores de processo de plataformas marítimas de produção de petróleo. As primeiras investigações sobre as atuais práticas e produtos finais de projetos de sistemas produtivos de grande porte resultaram em indícios de um ambiente de produção com aspectos operacionais não equilibrados e desintegrados.

A partir destes indícios, foi realizada uma revisão bibliográfica que destacou as considerações e limitações de aspectos relacionados à Ergonomia em assuntos como gestão de projetos, projetos de engenharia, de sistemas produtivos e de arranjo físico.

A revisão relativa à Ergonomia destacou seus conceitos básicos, a Ergonomia de Concepção e estudos relacionados ao trabalho de operadores de produção contínua, tendo o objetivo de indicar possibilidades de atuações desta ciência em projetos de plantas produtivas.

Desta forma, a pesquisa de campo desenvolvida procurou destacar aspectos operacionais como dificuldades e constrangimentos enfrentados pelos operadores. Tais aspectos foram investigados com o objetivo de ressaltar os desequilíbrios presentes nesta situação de trabalho e as estratégias desenvolvidas por estes operadores para manterem o funcionamento satisfatório da unidade produtiva, atendendo aos objetivos da organização empresarial em que se inserem.

ABSTRACT

This work presents the ergonomics study based on offshore oil production platforms, in operation works for the process plant. The first investigations resulted on indications of disintegrated and unbalanced operational aspects into the production environment.

From those evidences, the bibliographical revision indicated the considerations and limits of aspects related to Ergonomics in subjects as design management, engineering design, productive systems and layout design.

The revision of Ergonomics included basic concepts, Ergonomics of Conception, and studies related to the operator works of continuous production process, having the aim of indicating participation possibilities of this science in production plants design.

In such a way, the developed research tried to raise operational aspects as difficulties and constraints daily faced by operators. Such aspects were investigated intending to stand out the disequilibriums in this situation of work and strategies developed by these operators to keep satisfactory performance of a productive unit, taking care of company goals where they are inserted.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
I INTRODUÇÃO.....	10
II REVISÃO TEÓRICA.....	19
II.1 ASPECTOS GERAIS DE PROJETOS DE ENGENHARIA.....	19
II.1.1 Fatores determinantes dos projetos de engenharia.....	23
II.1.2 Implantação de Projetos industriais.....	27
II.1.3 O projeto de um sistema produtivo: definições, objetivos e suas relações com o trabalhador.....	32
II.1.4 O arranjo físico de instalações industriais.....	38
II.2 ERGONOMIA.....	42
II.2.1 Conceitos básicos de Ergonomia.....	42
II.2.2 Ergonomia de Concepção.....	48
II.2.3 O trabalho em instalações de processo contínuo.....	57
III METODOLOGIA.....	70
III.1 MÉTODO DE ABORDAGEM AO CAMPO.....	75
III.1.1 Definição da plataforma a ser pesquisada e visitas realizadas.....	77
III.1.2 Escolha do cargo de operação a ser analisado.....	78
III.1.3 Abordagem ao operador P3.....	79
IV PESQUISA DE CAMPO.....	81
IV.1 APRESENTANDO O CAMPO DE PESQUISA.....	81
IV.2 ANÁLISE ERGONÔMICA NA P-43.....	84
IV.2.1 Organograma da P-43.....	85
IV.2.2 Equipe de operadores de Produção.....	86
IV.2.3.....	89
IV.2.4 O cargo de operador P3 e suas tarefas.....	90
IV.2.5 Um dia de trabalho do operador P3.....	100
IV.2.6 Passagem de PIG nas linhas de produção.....	104
IV.2.7 Teste de vazamento nas linhas.....	117
V CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS.....	126
V.1 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	127
V.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	130
V.3 PERSPECTIVAS PARA NOVAS PESQUISAS.....	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
ANEXO A - UNIDADE MARÍTIMA DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.....	138
ANEXO B - PROCESSAMENTO DE PETRÓLEO EM UNIDADES MARÍTIMAS DE PRODUÇÃO.....	145
ANEXO C - DESCRIÇÃO DE SIST. E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PELO OPERADOR P3.....	151
ANEXO D - FOTOS DE OBSERVAÇÕES DA ATIVIDADE.....	160

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ARRANJO FÍSICO DA PLATAFORMA ANALISADA (VISTA SUPERIOR)	83
FIGURA 2 – ORGANOGRAMA DE PLATAFORMA ANALISADA	85
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA EQUIPE DE PRODUÇÃO POR CRITÉRIO DE LOCALIZAÇÃO	90
FIGURA 4 – DISPERSÃO DOS EQUIPAMENTOS DOS MÓDULOS M03 A E M02 A	104
FIGURA 5 – DISPERSÃO DOS EQUIPAMENTOS DOS MÓDULOS M03 A E M02 A	105
FIGURA 6 – ATIVIDADES SIMULTÂNEAS	116
FIGURA 7 – EQUIPAMENTOS E RAMIFICAÇÕES DAS TUBULAÇÕES DA HPU	118
FIGURA 8 – DESLOCAMENTOS DESTACADOS EM RELAÇÃO À PLANTA	120
FIGURA 9 – RETRO-ALIMENTAÇÃO DE ANORMALIDADES	123

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DIFERENÇAS DE INTERPRETAÇÕES DO TRABALHO ENTRE DIREÇÃO E TRABALHADORES	65
TABELA 2 – RELAÇÃO DE MÓDULOS DA PLATAFORMA ANALISADA	83
TABELA 3 – DIVISÃO DE TRABALHO ENTRE OS OPERADORES DA EQUIPE DE PRODUÇÃO..	89
TABELA 4 – PROCESSOS, SISTEMAS E EQUIPAMENTOS SOB RESPONSABILIDADE DO OPERADOR P3	93
TABELA 5 – TAREFAS REALIZADAS NA HPU	94
TABELA 6 – TAREFAS REALIZADAS NO MANIFOLD DE GÁS LIFT E KICK-OFF	97
TABELA 7 – RESUMO DE ATIVIDADES REALIZADAS	103
TABELA 8 – SOLICITAÇÃO DE POSTURAS DURANTE PASSAGEM DE PIG	112

I Introdução

A obtenção de energia, para propiciar o funcionamento e desenvolvimento de uma sociedade, é um pré-requisito para um país se desenvolver ou manter seus níveis atuais. Sendo o petróleo uma das principais fontes de energia do mundo contemporâneo, a indústria petrolífera tem recebido avanços tecnológicos e científicos na busca por ganhos de produção, custos e eficiência, constituindo-se num vasto campo de pesquisas.

Segundo Valle (1975) e Groover (1987), a indústria petrolífera pode ser classificada como uma indústria extrativista, de maneira que a localização de novas jazidas e a necessidade de implantação da instalação nas suas proximidades trazem como consequência novas condições operacionais, principalmente devido ao tipo de ambiente onde será instalada a nova planta de produção, acarretando em uma necessidade de evolução dos conceitos utilizados nos projetos.

Ainda considerando a indústria extrativista, a dimensão das novas jazidas traz consequências para o porte das instalações. A descoberta de jazidas maiores normalmente implica em projetos com maiores capacidades de produção e maior porte dos equipamentos utilizados. Outro fator comercial que influencia o porte dos projetos é a disponibilidade comercial de equipamentos e materiais antes não acessíveis, possibilitando novas formas de concepção. Vale a pena lembrar que o aumento da capacidade de produção através da quantidade de equipamentos, assim como do porte destes, representa um aumento significativo da complexidade do ambiente operacional, cujos efeitos serão geridos pelo próprio trabalhador, com ou sem o apoio da organização.

As alterações nos valores de mercado dos produtos e subprodutos também influenciam a concepção de novas instalações produtivas, podendo viabilizar projetos anteriormente não rentáveis ao possibilitar a comercialização de subprodutos antes descartados. A produção de

mais um produto aumenta consideravelmente a complexidade do sistema produtivo, trazendo mais variáveis a serem consideradas pelos operadores das instalações.

Outro fator do contexto com influência direta na atividade de projeto é o avanço das legislações e normas regulamentadoras, que de tempos em tempos trazem novas exigências e novos conceitos à concepção de instalações produtivas. Em determinados projetos de alto risco existe a necessidade de atendimento a muitas normas e órgãos fiscalizadores, trazendo uma regulamentação excessiva e dificultando a adaptação do ambiente de trabalho ao uso (MAIA, 2002).

Alguns aspectos financeiros de projetos de plantas produtivas de grande porte não podem ser esquecidos. Dentre eles, podem ser destacados a presença do capital financiado externamente às empresas envolvidas, a presença e força de decisão crescente dos acionistas das empresas e a competitividade de mercado acarretando uma busca constante por maior retorno sobre o capital investido. Desta forma, tem sido crescente a pressão por projetos com fluxos de caixa vantajosos, que se tornem positivos em um curto espaço de tempo, e por aumentos na produção que representem maiores ganhos e rendimentos de capital.

Uma prática comumente adotada, tanto para redução dos custos totais do projeto, quanto para redução de seu prazo final, e por conseqüência buscando um fluxo de caixa mais vantajoso, é o agrupamento de projetos similares em famílias. O objetivo desta prática é a aceleração dos processos decisórios, uma vez que decisões tomadas em um projeto são transpostas para projetos similares. Porém, ao não se considerar o contexto específico de cada um e suas peculiaridades, os resultados destas decisões não serão os mesmos em todas as situações, podendo trazer efeitos indesejáveis inclusive em relação a aspectos operacionais. Novamente, caberá aos operadores usarem soluções imprevistas para manter a estabilidade do sistema produtivo, muitas vezes prejudicando sua saúde.

O objetivo de redução dos prazos e melhor retorno sobre o capital investido também propicia a adoção da concepção modular, prática estabelecida em situações que permitem o desenvolvimento simultâneo de diferentes sub-sistemas, encurtando significativamente o tempo de execução de um projeto de grande porte, principalmente se comparado ao método seqüencial de desenvolvimento.

Dentre os efeitos mais marcantes da concepção modular em projetos industriais, está a maior independência entre as diferentes unidades operacionais em termos de manutenção e paradas operacionais (PRIEST, 1988). Esta maior independência permite a adoção do arranjo físico modular de produção que, de acordo com Irani e Huang¹ (1999 apud TIBERTI, 2003), se caracteriza como um conjunto de módulos compostos por máquinas e equipamentos separados operacionalmente. Tal separação operacional permite um arranjo físico que não necessita mais ser plano ou térreo, possibilitando a adoção de edificações produtivas, com os diversos equipamentos distribuídos em pisos com diferentes níveis de elevação, otimizando o aproveitamento do espaço disponível para a planta produtiva.

Este melhor aproveitamento do espaço disponível, muito útil em situações com área reduzida, possibilita uma maior densidade também no posicionamento das interfaces de controle do processo, aumentando a complexidade de seu arranjo espacial e interferindo diretamente no trabalho dos operadores.

Por outro lado, no caso de uma instalação de processo contínuo, como na indústria petrolífera, as unidades operacionais de estágios consecutivos ainda mantêm forte dependência, contrastando com as novas possibilidades de organização do trabalho e fluxos de informações criadas pelo arranjo modular. Desta forma, a integração entre as equipes dos diferentes

¹ HUANG, H.; IRANI, S. A.. Design of Facility Layouts Using Layout Modules: A Numerical Clustering Approach. Proceeding of the **8th Annual Industrial Engineering Research Conference**. Phoenix, 1999.

módulos de uma instalação produtiva necessita de um fluxo de informação coerente com esta dependência e conseqüentemente diferente do possibilitado pelo arranjo físico modular.

Esta contradição também apresenta efeitos diretos sobre a atividade dos trabalhadores da indústria petrolífera, insuficientemente considerados durante o desenvolvimento dos projetos, que incorporam apenas variáveis ligadas ao tipo de processo, fluxo de produção, quantidade de ciclos e repetições na definição do arranjo físico de uma instalação produtiva.

Ao contrário dos autores tradicionais da engenharia, pesquisadores relacionados à ergonomia, como Daniellou (1989) e Granath (1991), dão atenção a tais influências sobre a atividade dos operadores, justificando a inserção da ergonomia no processo de definição do arranjo físico.

Ao se considerar a definição da ergonomia que, segundo Daniellou (1989), Wisner² (1994 apud Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora Nº 17, 1994) e Iida (1990), incorpora características do ser humano ao processo de concepção dos meios de trabalho e contribui para adaptar o trabalho ao homem, sua inserção é justificada não somente em situações de definição de arranjo físico, mas em qualquer situação de projeto de meios de trabalho.

A indústria petrolífera pode ser considerada um campo de aplicação da ergonomia de projeto, uma vez que, segundo Ferreira (2002), o trabalho de seus operadores é perigoso, complexo, contínuo e coletivo, sendo carente de melhorias. Assim, a consideração de suas variáveis nas etapas iniciais de um projeto, permitirá melhorias das condições finais de trabalho, oferecidas aos futuros usuários.

Outro aspecto relacionado ao trabalho de operadores de instalações petrolíferas é a dificuldade em exercer a referida coletividade, devido à manutenção de uma concepção do trabalho baseada em individualidades no ambiente empresarial, que não considera as relações de trabalho distanciando as diferentes áreas de produção, sendo estritamente prescritiva e

² WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho: ergonomia: método e técnica**. São Paulo, Oboré, 1987.

normativa, além de ignorar as principais dificuldades do trabalho propriamente dito (LLORY, 2002).

De forma geral, em projetos de engenharia, a participação da ergonomia está restrita aos fatores humanos que são diferentes e complementares aos aspectos considerados pela Ergonomia Cognitiva (IIDA, 1990), que abrange aspectos psicossociais e organizacionais (MOUNTMOLLIN, 1996).

Assim, segundo Grossmith e Chambers (1998) e Duarte (2002), a ausência de uma ergonomia mais abrangente acarreta uma série de resultados insatisfatórios durante a implantação das respectivas instalações produtivas, como inícios problemáticos de operação, necessidade excessiva de manutenção e desperdício de materiais.

Mas é necessário ressaltar que a inclusão da ergonomia nas fases iniciais de projetos de instalações produtivas é dificultada pela ausência de registros sobre levantamentos acerca do trabalho real dos respectivos operadores.

Desta forma, a primazia de aspectos financeiros, priorizando prazo, custo do desenvolvimento e capacidade produtiva de tais projetos em detrimento das condições operacionais, tem levado à concepção de arranjos físicos que permitam soluções rápidas e de menor custo para a construção das instalações, atendendo, principalmente em termos de fluxo de caixa, aos interesses das organizações empresariais envolvidas.

Atualmente, o conjunto destas soluções resulta num arranjo físico modular, com plantas verticais de produção, promovendo dispersão de equipamentos com grande densidade de interfaces de controle, fornecendo um espaço de trabalho não suficientemente adaptado às atividades nele realizadas, impondo ao trabalhador constrangimentos relativos a excesso de deslocamentos, posturas assumidas, esforços realizados e solicitações cognitivas de atenção

para o correto monitoramento destes equipamentos, bem como de representação das instalações e seus estados de funcionamento.

A não incorporação satisfatória da lógica operacional cria determinantes ao trabalho dos operadores, como dificuldades para manter o andamento das operações produtivas dentro de parâmetros pré-estabelecidos.

Mais do que um espaço físico que apresente exigências penosas ao trabalhador, o atual modelo de concepção acaba por gerar uma planta que concretiza um desequilíbrio entre os diversos aspectos de um projeto. Segurança, confiabilidade, manutenibilidade, organização do trabalho e saúde ocupacional, entre outros, são menos considerados em relação a aspectos econômicos e produtivos, dificultando o bom funcionamento da nova instalação.

Partindo destas considerações, a pesquisa aqui desenvolvida procura investigar as maneiras através das quais a verticalização da planta produtiva de plataformas petrolíferas e a conseqüente dispersão dos pontos de interação entre operador e processo implicam em determinantes ao trabalho de seus operadores.

O tema citado acima se justifica pela proposição de que os meios de trabalho deste tipo de ambiente operacional não são suficientemente adaptados à atividade desenvolvida, facilitando o surgimento de dificuldades operacionais que precisem ser superadas pelos trabalhadores envolvidos.

Desta forma, esta dissertação tem a intenção de abordar as maneiras pelas quais os trabalhadores da planta, através da superação das dificuldades operacionais que lhe são apresentadas, se responsabilizam pelo restabelecimento do equilíbrio desejado e pelo alcance das metas de produção, assumindo estratégias que possibilitem a integração entre os diversos aspectos de uma instalação produtiva.

A abordagem de tais aspectos do trabalho em instalações produtivas da indústria extrativista, de processo contínuo, permitirá evidenciar a existência de relações de influência entre os pressupostos assumidos pelas organizações projetistas, nas etapas iniciais de projeto, e os seus resultados em termos de constrangimentos impostos ao referido trabalhador.

Dentre tais constrangimentos, as investigações iniciais apresentaram subsídios acerca da dispersão de pontos de interação e da verticalização da planta produtiva, exigindo do trabalhador a realização de deslocamentos e monitoramento das condições de equipamentos distantes entre si, procurando garantir o funcionamento satisfatório da instalação produtiva.

A identificação de tais dificuldades operacionais, bem como das estratégias utilizadas pelos trabalhadores, possibilita a origem de pesquisas direcionadas à solução e supressão de tais obstáculos, através da melhor incorporação da Ergonomia aos projetos de engenharia. Portanto, esta pesquisa tem também o objetivo de abordar um campo ainda não pesquisado suficientemente, conforme indica a escassez de material teórico sobre o operador de plantas de produção marítima de petróleo.

Esta investigação será realizada através de um estudo de caso num sistema produtivo de grande porte, de projeto complexo e de longa duração, de capital intensivo, de processo contínuo e atrelado aos diversos aspectos do contexto onde está inserido. A escolha pelo referido campo se justifica, principalmente, pela forte influência de aspectos econômicos, financeiros e técnicos no desenvolvimento de suas etapas de projeto, assim como por sua complexidade e respectivos efeitos sobre a situação de trabalho de seus operadores.

Portanto, o referido estudo de caso consistirá numa análise ergonômica do trabalho, num setor a ser determinado através de pesquisas preliminares junto às chefias operacionais e aos subsídios obtidos durante as investigações iniciais.

Assim, esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução que apresenta a justificativa e definição do problema de pesquisa e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo corresponde à revisão de literatura científica sobre assuntos pertinentes ao estudo desenvolvido. Desta forma, em sua primeira parte, estão presentes aspectos gerais de projetos de engenharia e conceitos mais específicos como, fatores do contexto que apresentam influência sobre projetos, aspectos concernentes à implantação de projetos industriais, projetos de sistemas produtivos e aspectos relacionados a arranjos físicos em instalações produtivas.

Em sua segunda parte estão presentes conceitos básicos de ergonomia, ergonomia de concepção e resultados de trabalhos voltados para a análise do trabalho em situações de processo contínuo, procurando embasar a pesquisa com relação a aspectos ergonômicos relacionados com o problema definido nesta introdução.

O terceiro capítulo define o estudo de caso como método de pesquisa a ser adotado, justificando esta escolha e relacionando-a com métodos adequados da ergonomia.

O quarto capítulo apresenta as informações obtidas durante a pesquisa de campo, contendo informações sobre o histórico técnico de projetos da organização estudada, práticas de projeto relevantes para o resultado da pesquisa, levantamentos ergonômicos anteriores à pesquisa disponibilizados pela organização e os resultados obtidos com a realização da análise ergonômica em uma de suas instalações.

O quinto capítulo apresenta as conclusões advindas da pesquisa desenvolvida, baseando-se no referencial teórico construído no segundo capítulo e na definição do problema aqui apresentado, a aplicabilidade das proposições realizadas, as perspectivas identificadas para

novas pesquisas, que possam aprofundar determinados assuntos relevantes, e as limitações deste trabalho acadêmico.

II Revisão Teórica

Neste capítulo, são apresentados conceitos fundamentais para o desenvolvimento de uma pesquisa de Ergonomia que identifique desequilíbrios operacionais resultantes das práticas de projetos e aponte estratégias adotadas pelos trabalhadores para restabelecer o equilíbrio entre os diversos aspectos produtivos, indicando relações de influência entre práticas de projeto e condições de trabalho do ponto de vista da Ergonomia.

Assim, o primeiro tema aqui desenvolvido se refere ao projeto de engenharia, destacando aspectos gerais, do contexto e da concepção do arranjo físico. Tais aspectos têm interferência na instalação final utilizada pelos trabalhadores, colaborando com o surgimento de dificuldades operacionais relevantes, que farão parte deste estudo.

O segundo tema presente neste referencial teórico é a Ergonomia, aqui considerada através de seus conceitos básicos, da ergonomia diretamente relacionada com a atividade de concepção e de conclusões obtidas por outros autores, ao realizarem estudos ergonômicos em situações semelhantes ao campo desta pesquisa.

II.1 Aspectos Gerais de projetos de engenharia

Um projeto se inicia pela etapa de definição das necessidades do cliente, avançando para o projeto conceitual, o projeto básico, o projeto de detalhamento e, por fim, chegando à construção do produto.

Na primeira etapa, os interesses do cliente originam as especificações de projeto, que servirão de base para comparação durante o desenvolvimento do mesmo (DYM, 1994). O projeto conceitual, segundo Pugh (1998), desenvolve-se alternando entre a geração de idéias, procurando atender às especificações determinadas na etapa anterior, e a seleção de soluções.

Esta alternância se repete até que uma única solução seja escolhida, definindo o conceito de projeto a ser desenvolvido na etapa seguinte.

Após a escolha da solução, o projeto básico é o momento em que ela deve ser refinada (ASIMOW, 1962). O objetivo desta etapa é transformar o conceito selecionado em algo factível e validar se o item preenche as necessidades identificadas na etapa pré-conceitual.

Durante o projeto de detalhamento, as ações têm o objetivo de transformar o projeto em algo capaz de ser produzido, caracterizando-se pela finalização das necessidades de interface; seleção e detalhamento dos componentes; além de ajustes de projeto para aumentar sua facilidade em passar por manutenção, em ser testado, em reiniciar o funcionamento e em ser produzido, fatores-chave para o sucesso do projeto (JONES, 1988).

Ao final da etapa de detalhamento ocorre a execução do projeto, ou a construção do produto. Uma vez pronto, o produto será entregue ao cliente e colocado em funcionamento, aparecendo características importantes que foram determinadas propositalmente ou não nas etapas iniciais do respectivo projeto.

Ao analisar a evolução de um projeto através das etapas citadas acima, Slack (1996) afirma que a atividade de projeto evolui da concepção até a especificação, reduzindo progressivamente o número de alternativas até que o produto final seja obtido. A geração de alternativas dentro de um leque menor de variações e possibilidades, seguida de uma seleção da melhor opção naquele momento, avança até que se tenha o produto final.

Assim, a consideração insuficiente de uma determinada área de conhecimento nas primeiras etapas, leva o projeto a uma situação com limitantes do ponto de vista destes conhecimentos, pois não foram incorporadas variáveis que seriam abordadas e influenciariam a decisão. Portanto, o quanto antes tais conhecimentos forem incluídos no processo de tomada de decisões de um projeto, maior será sua influência sobre o resultado final.

Vale a pena lembrar que a inclusão de conhecimentos científicos nas etapas de um projeto deve ter a constante preocupação em satisfazer as necessidades dos clientes. Dym (1994), Hyman (1988), Priest (1988) e Pugh (1998) afirmam que tais necessidades devem ser atendidas através dos resultados do projeto, mas não definem quais os critérios de investigação, nem discorrem sobre os métodos passíveis de aplicação em cada etapa anteriormente citada e tampouco destacam a participação do usuário das futuras instalações³.

Ao se discutir sobre os resultados de um projeto, é necessário discorrer também sobre sua avaliação como uma maneira de mensurar seus resultados.

Jones (1988) e Priest (1988) identificam como critérios de avaliação a qualidade, a confiabilidade, a manutenibilidade, a capacidade em permitir a localização da parte do produto que apresentou falhas, bem como seu isolamento, a engenharia humana ou a disciplina fatores humanos, a capacidade de ser produzido, o sistema de segurança e programas de informática previstos nas especificações de compra do projeto. Porém apontam como fatores-chave de sucesso apenas os dois primeiros critérios, alijando a ergonomia de um lugar digno de participação efetiva nas discussões de um projeto, além de limitadamente interpretada como engenharia humana e, portanto, restrita a aspectos passíveis de serem mensurados e tabulados em situações de laboratório.

Hendrikse (2000) e Slack (1996), por outro lado, referem-se à corrente de Ergonomia adepta a investigações em laboratórios como parte importante dos conhecimentos da equipe envolvida. Porém, tal corrente restringe-se a aspectos fisiológicos e antropométricos na análise do ambiente de trabalho e das reações do ser humano, não incorporando conceitos qualitativos e organizacionais considerados pela corrente de Ergonomia adepta da atividade de trabalho.

³ Cliente e usuário são conceitos distintos em projetos de instalações de produção, onde existem os futuros operadores, ou usuários, diferenciando-os da empresa contratante, ou cliente.

Desta maneira, é possível perceber a consideração insuficiente e pouco abrangente da ergonomia durante todas as etapas de desenvolvimento de um projeto, mesmo quando considerados com mais profundidade os aspectos citados por autores renomados, como os critérios de avaliação, os fatores-chave de sucesso e os conceitos utilizados a partir da definição das necessidades do projeto.

Uma vez desenvolvidos os aspectos gerais de projetos de engenharia, é necessário aprofundar o debate sobre alguns temas relevantes para esta pesquisa. Desta forma, os itens a seguir tratam dos fatores de influência sobre um projeto de engenharia, debates sobre projetos industriais e de sistemas produtivos, assim como uma revisão de literatura relacionada à concepção de arranjo físico de plantas industriais.

II.1.1 Fatores determinantes dos projetos de engenharia

Diversos são os fatores de determinantes para o desenvolvimento de projetos de engenharia. Dentre eles, destacam-se os aspectos externos ao processo de concepção, uma vez que o ambiente em que se insere o projeto pode incidir de inúmeras maneiras diretamente sobre ele ou sobre a organização em que está imerso (VALERIANO, 1998).

Priest (1988) colabora com este ponto de vista ao afirmar que, entre os efeitos do ambiente em que se insere o negócio do projeto, ou seja, causados pelas variações relacionadas ao mercado em si, têm destaque os efeitos relacionados a custos, limitantes de produção, volumes de mercado, mix de produtos, e custo e disponibilidade de capital. Desta forma, o autor demonstra que tais características e comportamentos do ambiente externo devem ser incorporadas nos processos decisórios, a fim de se obter projetos com resultados satisfatórios.

Também com relação aos fatores externos, Woiler (1996), ao abordar a estrutura de um projeto, determina a importância de aspectos econômicos do mercado, aspectos técnicos, como o contexto tecnológico, e financeiros, como a capacidade de financiamentos, além de ambientais, contábeis, jurídicos e legais.

Os aspectos externos citados acima se relacionam com outros aspectos do projeto, que podem pertencer também ao contexto externo ou serem internos à organização projetista. Os aspectos econômicos relativos ao mercado influenciarão determinadas características como localização das instalações, ritmo de avanço do projeto e escala de produção desejada quando em operação. O contexto tecnológico, de certa forma, influenciará diretamente as decisões acerca dos equipamentos escolhidos, dos processos de produção, da escala de produção, da qualidade, dos planos de manutenção e do nível de automação a ser utilizado, entre outros.

A capacidade, e disponibilidade, de financiamento no mercado de capitais influenciará diretamente a composição dos fluxos de caixa, tanto durante a concepção e execução do

projeto, quanto durante o funcionamento, no caso de projeto de um sistema produtivo, afetando diretamente o capital de giro envolvido. Desta forma, as condições de mercado, favorecendo ou dificultando o tal financiamento, trarão conseqüências importantes ao projeto, em termos de duração, porte e tecnologias utilizadas, influenciando diretamente suas etapas iniciais e, por conseqüência, refletindo-se em todas as demais etapas.

No caso de aspectos jurídicos e legais, sua influência em projetos se dá em função de imposições colocadas, tanto à organização em que se insere o projeto, quanto ao desenvolvimento deste, ou ainda aos seus resultados propriamente ditos. Desta forma, o contexto legal de um projeto regula, entre outras coisas, relações trabalhistas, tributárias e contratuais, além de influenciar especificações de equipamentos e produtos. Já os aspectos ambientais apresentam influências diretas sobre todas as etapas de um projeto, desde suas fases iniciais até o funcionamento no caso de um projeto de sistema produtivo, passando inclusive pela execução.

É válido lembrar que os fatores ambientais normalmente estão fortemente relacionados aos acima citados aspectos jurídicos e legais.

Já Pugh (1991) identifica a necessidade de informações relacionadas à legislação vigente, aos concorrentes no mercado alvo, aos dados estatísticos e às informações gerais do mercado em si, ao debater sobre o requerido conhecimento do mercado para o desenvolvimento de um projeto.

Desta forma o autor colabora com o ponto de vista de que o ambiente externo, extremamente complexo e dinâmico com relação ao seu comportamento e evolução, tem uma forte influência sobre as tomadas de decisões acerca do desenvolvimento de um projeto de engenharia.

Outro ponto importante, com relação ao contexto de um projeto, destacado por Asimow (1962) ao abordar o ciclo de vida de um projeto ou produto fruto dele, é sobre a obsolescência dos produtos, ou seja, quando determinado produto ainda está em condições de uso porém uma nova tecnologia o substitui. O autor considera que este fato tem suas implicações no encurtamento do ciclo de vida de determinados produtos e afirma que estes efeitos influenciam as decisões durante as etapas dos projetos.

Também abordando o ciclo de vida de um produto resultante de um projeto, Jones (1988) identifica dois momentos de dinamismo: a fase pré-conceitual e as fases de desdobramento e operação.

A primeira acontece quando a necessidade por um novo equipamento é identificada, devendo ser totalmente definida, e os recursos disponíveis devendo ser genericamente estabelecidos. Já a segunda ocorre quando o novo equipamento, ou instalação, é alocado no campo e sua capacidade de atender às necessidade pré-estabelecidas é avaliada continuamente.

Segundo o mesmo autor, as novas necessidades são identificadas na fase pré-conceitual e servirão de base para o desenvolvimento do projeto. Uma vez desenvolvido o projeto, o produto resultante, seja um equipamento ou uma instalação, deve ter seu funcionamento no respectivo ambiente monitorado e avaliado constantemente, assim como o surgimento de novas necessidades, advindas da própria interação entre ele e as condições do ambiente, apresentando novas demandas por evoluções e adaptações.

Desta forma, é identificado mais um fator de influência sobre o projeto em si, e fortalecida a opinião de que o desenvolvimento de um projeto é algo dinâmico e complexo devido à grande quantidade de tais fatores.

Ao definir um projeto, Asimow (1962) enriquece o corpo de autores com este ponto de vista, pois afirma que um projeto de engenharia é algo que não pode ser realizado com uso de

tecnologia simples ou de aplicação óbvia, definindo-o como a soma de fatores técnicos, humanos e econômicos.

Também demonstrando que cada projeto é específico e único, Dym (1994) afirma que um problema de projeto aceita várias soluções (*open-ended*) e é não-estruturado, pois não se acha uma solução, por exemplo a partir de um método matemático de rotina.

Desta forma os vários autores aqui citados constroem um conceito de dinamismo e complexidade sobre a atividade de projeto. Segundo tal conceito, um projeto, assim como suas decisões, deve ser analisado e avaliado sempre levando em conta o contexto em que se insere.

Isto significa dizer que decisões tomadas num certo projeto, em um determinado período, devem ser analisadas além das relações com aspectos técnicos e internos ao projeto em si, ou a sua organização, antes de serem repassadas como práticas comuns a projetos sucessores. Esta análise mais cuidadosa previne que decisões de sucesso em uma determinada situação, tragam o fracasso quando aplicadas repetidamente, sem preocupações em adaptá-las ao novo contexto, sempre dinâmico e complexo em suas variáveis.

II.1.2 Implantação de Projetos industriais

Nos tópicos anteriores, foram apresentadas as etapas de um projeto de engenharia e os respectivos fatores de influência externa, não se especificando qual o tipo de produto. Este item discute as etapas de um projeto industrial, procurando considerar peculiaridades deste tipo de projeto em relação aos demais, além de evidenciar a pouca consideração de parâmetros ergonômicos neste tipo de projeto.

A implantação de projetos industriais pode ser sintetizada em sete etapas fundamentais: os estudos de viabilidade, os estudos de localização, a elaboração dos projetos básico e executivo das instalações industriais, a etapa de compras dos equipamentos e materiais necessários, a construção e montagem das instalações, os testes pré-operacionais, a pré-operação da planta e, finalmente, a entrada da indústria em regime normal de operação (VALLE, 1975).

Durante os estudos de viabilidade de implantação, são realizadas análises e justificativas dos aspectos técnicos, econômicos e financeiros do projeto em desenvolvimento. Na segunda etapa, os estudos de localização visam selecionar a área e o espaço em que a planta de produção será instalada.

Os projetos básico e executivo observam as premissas assumidas anteriormente durante sua elaboração, visando concretizar o planejamento das ações a serem tomadas para a real implantação da indústria. Tal implantação acontece durante a construção e montagem.

Após a construção, serão realizados testes pré-operacionais e a planta entrará em funcionamento observado, caracterizando a pré-operação. Após um período de pré-operação, que varia conforme a indústria, ocorrerá a entrada em regime normal de operação, quando a direção da empresa operadora espera obter os níveis de produtividade estabelecidos como objetivo.

O tipo de indústria a ser implantada interfere diretamente em alguns aspectos. No caso de indústrias extrativas, sua localização deve ser próxima à jazida, reduzindo a relevância da segunda etapa de um projeto industrial. Neste caso, não ocorrerão maiores questionamentos sobre onde posicioná-la.

Em alguns casos, porém, devido às peculiaridades dos locais de ocorrência de jazidas, normalmente de difícil acesso onerando operações de construção, instalação e reformas, costumam ser necessários estudos sobre o local, cujas informações servirão como dados de entrada para o projeto básico.

Uma fase importante de um projeto industrial é o estudo de viabilidade econômica, muitas vezes denominado de “projeto econômico”, que geralmente inclui estudos de mercado, estimando a quantidade de produto que a sociedade deseja consumir, e a definição e descrição dos processo de produção, quantificando os principais fatores de produção, listando os equipamentos e as demais instalações necessárias à produção. A consideração destes aspectos visa permitir a definição precisa dos recursos financeiros necessários, recursos humanos, equipamentos e materiais para a construção da instalação.

Ainda segundo Valle (1975), há uma estrita relação entre os projetos econômico e de engenharia, pois a estruturação financeira, econômica e administrativa do projeto dará suporte à efetiva implantação. Além disso, o projeto detalhado inicia a concretização da instalação propriamente dita, permitindo as encomendas de equipamentos e materiais, além da construção e montagem da unidade produtiva.

Tratando-se de projetos de grande porte, alta complexidade e longa duração, é normal que o empreendimento envolva várias especialidades como o desenvolvimento de estudos preliminares e anteprojetos, engenharia de processo, detalhamento de projetos, tecnologias específicas, compras e inspeção de equipamentos e materiais, prospecção e sondagem, montagem industrial, implantação e fornecimento de serviços especializados ou itens

específicos. Desta forma, devido ao grande número de especialidades envolvidas, e conseqüentemente de profissionais especializados em suas respectivas áreas de atuação, é necessário um esforço da organização projetista para que haja uma coordenação satisfatória das ações tomadas e os resultados desejados sejam suficientemente compreendidos pelos inúmeros envolvidos.

A importância desta coordenação é ainda maior quando há o avanço simultâneo em diferentes etapas do projeto, a fim de reduzir o prazo total de implantação da indústria. Atualmente, na grande maioria dos projetos, este avanço simultâneo ocorre nas atividades de detalhamento de projeto, suprimento, construção e montagem.

É necessário ressaltar aqui que, dentre toda a gama de especialistas citada no parágrafo acima, Valle (1975) não menciona nenhuma profissão voltada para alguma área de atuação relacionada à ergonomia. Isto demonstra que não há um esforço suficientemente dirigido, por parte das empresas envolvidas, em incorporar ao projeto industrial aspectos do trabalho real do operador da futura instalação industrial.

Valle (1975) também afirma que, apesar de representar não mais que 10% (dez por cento) do valor total do investimento, as atividades de concepção têm um papel importante na formação do custo total, já que as decisões tomadas nas fases de projeto influenciarão todas as fases subseqüentes. Além disso, as modificações em projetos já em andamento apresentam impactos multiplicados, imprevistos e, muitas vezes, indesejados na evolução do projeto industrial, podendo comprometer algumas de suas principais metas.

Assim, a consideração tardia da Ergonomia dificulta a aplicação de suas recomendações, tanto pela anterior composição dos custos do projeto, quanto pelo impacto multiplicado em custos nas últimas etapas.

Após a construção e montagem da instalação industrial, ocorre a pré-operação, quando serão realizados diversos testes pra comprovação do comportamento *in loco* do sistema produtivo e da conformidade com os dados de projeto. A segurança das instalações sob condições normais de operação também será avaliada. Mais uma vez, o conteúdo dos testes não parece incluir nada a respeito das condições operacionais impostas aos trabalhadores, que assumirão por conta própria a responsabilidade de adotar estratégias não previstas para manter o sistema em funcionamento.

Valle (1975) também demonstra a enorme gama de subsistemas que compõem a instalação industrial. Entre os principais podem ser citados o sistema de movimentação e armazenagem de materiais, sistemas de tubulação, elétricos, de comunicação, instrumentação e de equipamentos industriais. Todos estes sistemas devem possibilitar a operação da indústria em ritmo compatível com os volumes de produção previamente estipulados, comportando-se como uma parte do sistema industrial geral. A consideração de cada um deles como um sistema autônomo, para avanço simultâneo dos projetos e da construção e montagem, exige a determinação prévia de seus vínculos para que haja uma boa integração entre eles durante o funcionamento do sistema geral, aumentando a complexidade do projeto industrial.

Abordando o funcionamento de um sistema geral, mais especificamente as necessidades de organização e fluxo de informações num ambiente industrial, Groover (1987) ressalta que este sistema organizacional deve possibilitar à empresa a execução de suas funções básicas, as quais define como operações produtivas, de movimentação e estocagem de materiais, de inspeção e de controle, não citando a participação do trabalhador na execução destas atividades.

Segundo Valle (1975), entre os resultados finais de um projeto industrial está o ambiente industrial, especificado pelo autor como ambiente funcional, de forma que sua consideração tem como principal objetivo dar condições ao operador de desempenhar com eficiência e

conforto suas atividades profissionais. Porém, em nenhum trecho de sua obra o autor cita a necessidade de compreensão da atividade real de trabalho dos operadores, limitando-se assim ao uso de valores tabelados sobre fatores determinados como iluminação, clima, cores e acústica.

Uma vez apresentados os principais aspectos de um projeto industrial, desde suas primeiras etapas até aspectos típicos das fases de construção, montagem e início de operação, passando pelos principais parâmetros considerados entre seus objetivos, observa-se a pouca consideração de aspectos ergonômicos no desenvolvimento de projetos industriais. Portanto, de acordo com a revisão teórica realizada, os autores de engenharia relacionados à concepção de plantas industriais também não consideram a ergonomia como uma disciplina de auxílio na busca por melhores resultados em termos de eficiência e de efeitos na saúde dos trabalhadores.

Desta forma, tais autores acabam por não considerar satisfatoriamente as influências os efeitos negativos que uma instalação industrial, projetada sem uma consideração suficiente dos conhecimentos relativos à Ergonomia, pode ter sobre a saúde dos futuros trabalhadores.

II.1.3 O projeto de um sistema produtivo: definições, objetivos e suas relações com o trabalhador.

Um sistema produtivo tem a finalidade de produzir itens, sendo desenvolvido pelo e para o homem (ITO⁴, 1991 apud ARARAKI, 2004). Num sistema como este, ocorrem diferentes processos produtivos, definidos por Thiry-Cherques (2002) como “as operações a serem realizadas após a conclusão do projeto na geração de produtos ou serviços”.

Araraki (2004) define um sistema produtivo como um conjunto de etapas, que podem ser consideradas separadamente como uma ação, ou um conjunto de ações, que transforma o estado do item que está sofrendo o processo. Portanto a descrição do processo produtivo é a descrição das operações que serão realizadas pelo sistema de produção, após a conclusão de seu projeto, no intuito de transformar adequadamente um insumo.

A ausência do operador, observada nas duas definições anteriores, também ocorre na definição de Lopes (2001), para quem a produção de bens é um processo transformador, que utiliza recursos para transformar algo em produtos finais. Contém uma entrada, com recursos transformadores e a serem transformados, e uma saída, com produtos acabados. A partir desta definição, o operador se insere no sistema produtivo apenas como um dos recursos transformadores, no mesmo patamar do maquinário utilizado, sem considerar suas peculiaridades, idiossincrasias e suas decisões tomadas para manter o processo produtivo sob controle.

Ao descrever um projeto de processo produtivo, Slack (1996) afirma que este afeta o objetivo de desempenho principal da operação produtiva projetada. O autor aponta como possíveis objetivos de desempenho de uma instalação produtiva a qualidade, confiabilidade, rapidez, flexibilidade e custo.

⁴ ITO, Y.. A desirable production structure looking toward the 21st century – Antropocentric Intelligence-Based Manufacturing. In **XI COBEM – Anais**. São Paulo, 1991.

Desta forma um bom projeto de processo pode disponibilizar recursos adequados à operação, capacitando o sistema a gerar produtos dentro das especificações pré-determinadas e, por consequência, com a qualidade requerida.

Ao tratar do objetivo da qualidade, Slack (1996) afirma que o fornecimento da tecnologia adequada às operações, a serem realizadas no futuro sistema produtivo, garantirá que os equipamentos da instalação gerem produtos dentro de suas especificações. Isto, porém, somente será alcançado se o projeto também fornecer trabalhadores com habilidade, conhecimento e treinamento suficientes para gerir a instalação, seus componentes e a produção em si.

Desta forma, o autor define a relação entre o projeto do processo produtivo e sua confiabilidade como sistema, destacando também a importância do trabalhador envolvido em termos de suas capacidades. Por outro lado, não considera a oportunidade de adaptação das instalações às características destes trabalhadores, resumindo esta interface à atividade de fornecimento de trabalhadores adequados à nova situação.

Em termos de velocidade, Slack (1996) afirma que um projeto bem conduzido possibilita a movimentação de materiais, informações ou clientes pelo processo de forma ágil e satisfatória, incrementando a velocidade de um processo produtivo em termos de logística de movimentação de insumos, subprodutos e produtos, bem como a velocidade do processo de tomada de decisões.

Para Silva (2003), a rapidez pode ser atingida também pela agilidade no fluxo de informações internas às operações. A importância disto é destacada por (ARARAKI, 2004), ao afirmar que há um fluxo de informações heterogêneas passíveis de classificação, demonstrando a complexidade de um sistema produtivo e a atuação marcante dos operadores no sentido de interpretação destas informações. Tais informações constituem-se num subsídio para atuarem no controle da produção.

A flexibilidade de um sistema produtivo é destacada por Wada e Okada⁵ (2002 apud ARARAKI, 2004). Tal flexibilidade consiste na facilidade em modificar os sistemas produtivos melhorando a qualidade dos produtos a serem produzidos, evidenciando a necessidade de sistemas produtivos baseados em componentes autônomos, descentralizados e distribuídos para se atender a este objetivo.

Araraki (2004) corrobora com estes aspectos da flexibilidade de um sistema produtivo, afirmando que a evolução tecnológica atual proporciona recursos flexíveis, capazes de efetuar diferentes operações num mesmo ambiente de produção.

Mais uma vez, o futuro operador não é considerado em termos de sua compreensão acerca da flexibilidade do sistema, descentralização dos componentes e distribuição dos controles. Portanto, não se considera que através desta compreensão, sempre que possível facilitada pelo projeto das instalações, o operador poderá contribuir para o objetivo de desempenho do sistema produtivo.

Em contrapartida, o papel importante do operador é ressaltado quando se afirma que o elemento humano é quem interage com os processos, realizando tomadas de decisões que permitem o cumprimento das estratégias de controle (KOVÁCS⁶, 1993; KOVÁCS, MONIZ⁷ 1995; HIGGINS⁸, 1995; apud MTSUSAKI, 2004).

Corroborando com este ponto vista, Santos Filho⁹ (1998, apud ARARAKI, 2004) utiliza o termo “Sistema Antropocêntrico de Produção”, atribuindo parte do controle do sistema ao

⁵ WADA, H.; OKADA, S.. **An autonomous agent approach for manufacturing execution control systems**. Integrated Computer-Aided Engineering, 2002.

⁶ KOVÁCS, I.. **Sistemas Antropocêntricos de Produção**. **Socius Working Paper**, n6, 1993.

⁷ KOVÁCS, I; MONIZ, A. B.. **Issues on the anthropocentric production systems**. In **International Conference on Architectures and Design Methods for Balanced Automation Systems**, Proceedings. Edited by CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. **Balanced Automation Systems Architecture and Design Methods**, Chapman & Hall, p.131-40, 1995.

⁸ HIGGINS, P. G.. **Review of Anthropocentric Production Systems – The European Response to Advanced Manufacturing and Globalization by Franz Lehner**. **International Journal of Human Factors in Manufacturing**, 5 (1), 1995.

⁹ SANTOS FILHO, D. J.. **Controle de Sistemas Antropocêntricos de Produção Baseados em Redes de Petri Interpretadas**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998.

elemento humano, que baseará suas ações em sua experiência e qualificações adquiridas ao longo da vida profissional.

A importância da interação do ser humano no sistema produtivo também está relacionada com a complexidade de tais sistemas. Segundo Bar-Yam¹⁰ (1997 apud MATSUSAKI, 2004), ao serem considerados como um conjunto de componentes, tais sistemas possuem um comportamento coletivo que não é compreendido pelo comportamento de suas partes observadas isoladamente, porém esta coletividade se reflete em cada componente individual. Desta forma, a condução de um sistema produtivo, devido a esta complexidade, necessita ser feita através de tomadas de decisões variadas, baseadas não só em conhecimento técnico do operador, mas também em sua experiência adquirida. Portanto, não há como considerar um sistema produtivo, em termos de objetivos de desempenho, sem ao menos incluir o operador como uma variável importante do projeto.

Já Araraki (2004) afirma que a quantidade de produção e de variedades de processos influencia diretamente a organização do sistema produtivo, demonstrando que para cada tipo de produto oferecido existe uma organização adequada da produção. É válido destacar que a organização do sistema produtivo deve ser coerente com sua estrutura organizacional. Tal coerência exige a consideração do operador e sua equipe, assim como suas interações com os demais níveis hierárquicos, em termos de influência sobre a produção.

Slack (1996) também destaca como objetivo a minimização dos custos, que pode ser alcançada ao se assegurar alta utilização de recursos e, portanto, processos eficientes. O autor aponta a influência dos custos sobre todos os demais objetivos ao identificar que a qualidade de um processo produtivo significa não realizar retrabalhos, nem desperdiçar recursos, proporcionando menores custos.

¹⁰ BAR-YAN, Y.. **“Dinamics of Complex Systems”**. Addison-Wesley, 1997.

A rapidez de um sistema produtivo reduz seus custos administrativos e indiretos. Uma maior confiabilidade do sistema evita interrupções imprevistas e conseqüentes gastos adicionais. Por fim, a flexibilidade permite a adaptação aos eventos imprevistos e otimiza o aproveitamento de recursos intercambiáveis (SLACK, 1996).

Desta forma, é demonstrada a importância do aspecto de custos ao posicioná-lo como um objetivo principal perante os demais, com uma presença constante nas decisões tomadas acerca de um processo produtivo. Esta ordem de prioridade acaba por considerar o trabalho como um aspecto menos importante, apesar de sua relevância na busca de um desempenho do sistema produtivo em conformidade com o requisitado pela organização.

Também tratando de objetivos de desempenho, porém centrados na otimização dos níveis globais da operação, Hayes; Whellwright¹¹ (1985, apud SILVA, 2003) e Moreira¹² (2001, apud SILVA, 2003), identificam a importância do equilíbrio entre vários fatores como a capacidade de produção, a adequação das instalações, a flexibilidade da tecnologia do processo e dos equipamentos, a capacidade dos trabalhadores em desenvolver novos produtos, a adequação do treinamento e da segurança dos operadores, a conformidade dos produtos e a programação, organização e controle do sistema de produção, permitindo aos trabalhadores uma posição honrosa com relação a sua influência nos resultados finais obtidos.

II.1.3.1 As etapas do projeto de um sistema produtivo

No item anterior, foram apresentados aspectos gerais de um sistema produtivo, relacionando tal conteúdo com o papel do operador na concepção e no funcionamento destes sistemas, sempre considerando o trabalhador como um ser inteligente e atuante na regulação de um

¹¹ WHELLWRIGHT, S. C.; HAYES, R. H.. Competing through manufacturing. **Harvard Business Review**. New York, v.63, n.1, p.99-109, Jan/Fev, 1985.

¹² MOREIRA, D. A.. **Administração da produção e operações**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2001.

sistema complexo e irregular. Neste momento, faz-se necessário descrever resumidamente as etapas de projeto de um sistema produtivo, destacando suas peculiaridades em relação aos demais tipos de projeto, e suas relações com o trabalhador da futura instalação.

Segundo Thiry-Cherques (2002), a primeira etapa de um projeto de sistema produtivo é a definição das características do produto acerca da quantidade necessária, frequência desejada, qualidade ou especificações técnicas e relações entre produtos principais e correlatos.

Ainda nesta etapa, os processos produtivos podem ser definidos de tal forma que seu funcionamento seja descrito previamente, como nos casos das linhas de produção. A partir desta definição trata-se de selecionar entre os processos disponíveis para aquisição, considerando fatores como tecnologia, vantagens econômicas, custos e quadro de trabalhadores.

Após a descrição do processo produtivo, tem-se a indicação das máquinas e dos equipamentos necessários. Esta determinação deve levar em conta características como funções a serem desempenhadas, capacidade de produção média requerida, escala ótima, tolerâncias, nível tecnológico, arranjo físico, qualidade, vida útil, necessidades especiais de fundações e refrigeração, flexibilidade, análise do fornecedor, em termos de tradição no mercado e confiabilidade, e assistência técnica entre outras.

Por fim, deve ser definida a distribuição espacial dos vários elementos de produção, como pessoas, máquinas, equipamentos e facilidades (THIRY-CHERQUES, 2002). Nesta etapa devem ser levados em conta a integração funcional, o acesso e o escoamento da produção, a otimização das distâncias a serem percorridas, a economia do espaço disponível, os sistemas de armazenamento e a flexibilidade de absorção de novas tecnologias.

Já apresentadas as etapas específicas de projeto de um sistema produtivo, é válido destacar a invisibilidade do trabalhador, ou usuário das futuras instalações, nas sucessivas tomadas de

decisões ocorridas em todas as etapas. As únicas referências feitas a ele se resumem ao quadro de trabalhadores, claramente considerado como um dado quantitativo e reducionista, sem minimamente abordar suas capacidades, limitações ou futuras interações com o sistema produtivo a ser projetado. Tal invisibilidade fornece indícios de que o futuro trabalhador de uma instalação produtiva deverá se adaptar às condições que lhe forem apresentadas sem deixar de responder às cobranças por produtividade e resultados, comumente impostas aos setores de produção das empresas.

II.1.4 O arranjo físico de instalações industriais

Durante a introdução desta dissertação foi esclarecido que o aproveitamento do espaço disponível para a planta industrial é um assunto relevante a esta pesquisa, pois interfere no trabalho de seus operadores através de aspectos como a complexidade de seu arranjo espacial e a dispersão de equipamentos.

Portanto, é necessário desenvolver o tema do arranjo físico de instalações produtivas de processo contínuo, permitindo a construção de um referencial teórico adequado ao problema de pesquisa aqui estudado.

Iniciando este tema pela definição de processo contínuo, pode-se afirmar que este tipo de processo de produção lida com grandes volumes e pouca variedade de produtos. Muitas vezes seus produtos são inseparáveis, exigindo um fluxo ininterrupto e comumente estão associados a tecnologias inflexíveis. Exemplos de processos contínuos são siderúrgicas, refinarias petroquímicas e plataformas de produção petrolífera (SLACK, 1996).

Para processos contínuos é necessário utilizar o arranjo físico por produto, que posiciona os recursos produtivos transformadores em função do objeto a ser transformado e sua movimentação pelo setor de produção. Desta forma, como o fluxo do produto tem uma seqüência de atividades previsível, os equipamentos são posicionados da mesma maneira.

Após a apresentação do tipo de arranjo físico utilizado numa planta de produção contínua, é válido destacar a ausência de variáveis relacionadas ao trabalho quando de sua definição. As influências do arranjo físico sobre o trabalho dos operadores, em termos de conforto, saúde e qualidade de vida, não são efetivamente consideradas.

Isto fica claro nos critérios para a escolha do arranjo físico, que se baseia nos custos fixos e variáveis da produção desejada (SLACK, 1996). Na consideração destes critérios, não há referências à escolha de um arranjo físico em termos de suas influências sobre o trabalho dos operadores.

A consideração não suficiente da Ergonomia também é constatada na análise dos objetivos de um estudo de arranjo físico. Segundo Francis (1974), são fundamentados em aspectos quantitativos como a minimização do investimento em equipamentos e dos tempos de produção; o uso eficiente do espaço disponível; a manutenção da flexibilidade do arranjo e da operação; a minimização do custo de movimentação de material e da variação dos tipos de equipamento para movimentação de cargas; a facilitação do processo de manufatura e da estrutura organizacional; e, por fim, o fornecimento de segurança, conveniência e conforto ao trabalhador.

Antes de considerar este último objetivo como uma inclusão do usuário no projeto de arranjos físicos, é necessário frisar que o trabalhador somente é citado em duas outras ocasiões relacionadas ao assunto.

A primeira trata da quantidade necessária de trabalhadores para o bom funcionamento do sistema produtivo, incorporando-os apenas como uma variável matemática e não considerando aspectos ergonômicos ou organizacionais.

A segunda menção ao usuário ocorre durante a determinação do espaço, onde a estimativa da área necessária ao trabalhador também não leva suficientemente em conta aspectos

ergonômicos, mais uma vez restringindo os dados de entrada para esta decisão à quantidade de operadores previstos para determinada máquina.

Valle (1975), ao apontar a importância do arranjo físico como sendo a definição do modo mais adequado de arranjar “homens, máquinas e materiais sobre uma determinada área física, dispondo esses elementos de forma a minimizar os transportes, eliminar os pontos críticos da produção e suprimir as demoras desnecessárias entre várias operações da fabricação”, limita o homem a uma simples variável do processo decisório.

O autor também exclui o trabalhador ao citar os aspectos com influência sobre a escolha da solução de arranjo físico. Para ele, estes aspectos se resumem à área disponível, ao processo de produção, ao produto, à conformação do terreno, à iluminação e ventilação requeridas, e aos transportes internos.

Apenas no que diz respeito à iluminação e ventilação são considerados aspectos do ser humano. Porém ainda não há uma inclusão efetiva da ergonomia, uma vez que tais dados se restringem a valores objetivos e tabelados, não considerando as peculiaridades da atividade a ser realizada pelos futuros usuários.

Os métodos citados pelos autores para concepção de arranjos físicos também não incluem o futuro trabalhador. Valle (1975) cita o Método dos Elos, o Método das Sequências Fictícias e o Método dos Momentos ou Torques, todos sem nenhuma menção ao trabalhador ou aos aspectos ergonômicos do trabalho a ser desempenhado na futura instalação.

Por fim o autor cita o método dos Modelos em Escala, que inclui o usuário no momento de avaliação via maquetes, porém não determina qual a melhor maneira ou etapa para sua inclusão no debate, referindo-se ao uso da maquete como a “venda” do projeto e, desta forma, limitando a atuação do trabalhador à avaliação do projeto final, sem maior participação nas etapas de desenvolvimento.

O método das Áreas Mínimas, também apresentado por Valle (1975), considera o trabalhador apenas no que diz respeito à área ocupada ao redor dos equipamentos para sua operação, descartando a introdução efetiva da ergonomia no processo de concepção.

Os Modelos de Muther (MUTHER¹³, 1978 apud TIBERTI 2003), Apple¹⁴ (1978 apud TIBERTI 2003) e o Modelo de Slack (SLACK, 1996), também não incluem a ergonomia no processo de tomada de decisão de projetos de arranjo físicos.

Desta forma, fica clara a tendência da engenharia tradicional de não considerar satisfatoriamente o trabalhador, assim como sua participação, durante todo o processo de concepção de um arranjo físico. Assim, são insuficientemente consideradas as conseqüências que este aspecto do futuro sistema produtivo trará aos operadores.

Finalmente, é necessário lembrar que a instalação produtiva objeto deste estudo é projetada pelo método modular, funcionando de modo similar ao arranjo físico modular acima apresentado. Tais características trazem conseqüências importantes para o trabalho de seus operadores, conforme descrito na introdução da dissertação.

Portanto, a abordagem de aspectos relacionados ao trabalho, assim como a consideração do papel do usuário no estabelecimento do equilíbrio funcional das instalações, visa reduzir as perdas geradas à empresa devido às incoerências entre o trabalho a ser executado no sistema produtivo e as condições proporcionadas pelo arranjo físico final.

¹³ MUTHER, R... **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. Vários tradutores. São Paulo, Edgard Blücher, 1978.

¹⁴ APPLE, J. M.. **Plant Layout and Material Handling**. 3ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

II.2 Ergonomia

Apresentado o referencial teórico relativo a projetos de engenharia, é necessária a consideração de conceitos relacionados à Ergonomia. Devido à aplicação necessária ao campo de pesquisa, são apresentados conceitos básicos de ergonomia, de ergonomia de concepção e de estudos de ergonomia em instalações da indústria petrolífera, sempre procurando fornecer subsídios ao objetivo desta pesquisa.

II.2.1 Conceitos básicos de Ergonomia

Para embasar uma pesquisa centrada nos conhecimentos da Ergonomia, é necessário descrever conceitos básicos desta ciência, com a intenção de utilizá-los na elaboração das conclusões advindas da pesquisa de campo desenvolvida.

Para Wisner (1994, apud Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora Nº 17, 1994), a “Ergonomia é a arte na qual são utilizados o saber tecnocientífico e o saber dos trabalhadores sobre sua própria situação de trabalho”. Segundo esta definição, a amplitude da Ergonomia é maior do que os Fatores Humanos, pois não se limita à aplicação de tabelas com valores relacionados a aspectos físicos mensurados em laboratórios, mas utiliza variados conhecimentos acerca do ser humano, incorpora conhecimentos dos próprios trabalhadores envolvidos na situação analisada e procura aumentar seu conforto, segurança e eficiência.

A Ergonomia produz um conteúdo científico próprio e especializado do funcionamento humano em situação de trabalho e, a partir daí, procura contribuir para permitir que este trabalho seja mais adaptado ao homem e exija menores esforços de adaptação ao que lhe é colocado como tarefa, contribuindo para que sua atividade profissional seja menos penosa tanto em termos físicos quanto psicológicos e sociais.

Segundo Iida (1990) “a Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem”, demonstrando assim um foco central no homem em situação de trabalho. Já para a

Ergonomics Research Society a “Ergonomia é uma abordagem que coloca as necessidades e capacidades humanas no foco de projetos de sistemas tecnológicos”, tendo como objetivo “assegurar que o ser humano e a tecnologia trabalhem em completa harmonia, com o equipamento e as tarefas alinhados com as características humanas” (*Ergonomics Research Society*). Estas duas definições se complementam, pois é através do foco em projeto de sistemas tecnológicos que é possível adaptar o trabalho ao homem.

Para atender a estes objetivos, a Ergonomia possui conhecimentos sobre o homem aplicáveis aos problemas relacionados ao conjunto homem-trabalho, recorrendo a métodos específicos de estudo e pesquisa sobre a realidade do homem no trabalho (LAVILLE, 1976). Para permitir um projeto de trabalho adequado, a ergonomia utiliza seu conhecimento sobre diversas características do trabalho e suas relações com aspectos fisiológicos e psicológicos do ser humano, analisando também a atividade do trabalhador para aprender novos meios de ajudá-lo na realização de suas tarefas (MOUNTMOLLIN, 1996).

Dentre os aspectos estudados pela Ergonomia para atingir tais objetivos Iida (1990) cita o homem e suas características, o maquinário e todos os demais auxílios materiais utilizados pelos trabalhadores, assim como o ambiente físico, a informação, as decisões e a organização de todos estes elementos num sistema produtivo único.

Os aspectos relacionados ao homem abrangem as características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais dos trabalhadores, assim como a influência do sexo, idade, treinamento e mecanismos de motivação. Ao considerar a máquina e todos os demais auxílios materiais utilizados pelo homem no trabalho, a Ergonomia acaba por englobar equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações presentes no ambiente de trabalho. O ambiente físico é considerado em termos de dados acerca de temperatura, níveis de ruídos, vibrações, luz, cores e presença de gases ou agente químicos.

A informação utilizada pelos trabalhadores é incorporada pelo ergonomista através da análise das comunicações existentes entre os elementos de um sistema, a transmissão de informações, o processamento e a tomada de decisões.

Por fim, a conjunção de todos estes elementos em um único sistema produtivo se dá através de uma organização, que é analisada através de aspectos como horários, turnos, formação de equipes e conseqüências do trabalho em termos de tarefas de inspeções, erros, acidentes, gastos energéticos, fadiga e “stress”.

Desta forma, devido à grande quantidade de variáveis envolvidas e não submissas ao controle dos profissionais envolvidos na intervenção ergonômica, há muita dificuldade em solucionar o problema de adaptação do trabalho ao homem. Durante a intervenção, ocorrem diversas idas e vindas sem uma resposta pronta, exigindo a adoção de soluções de compromisso por uma série de motivos (IIDA, 1990).

Uma vez abordadas as variáveis analisadas pela Ergonomia, é necessário citar a classificação das intervenções ergonômicas. Segundo Laville (1976), tais intervenções podem ser classificadas em intervenções de concepção ou de correção.

A ergonomia de concepção é realizada quando sua contribuição ocorre durante a fase inicial de um projeto de produto, máquina ou ambiente. Esta é a melhor situação, pois tende a introduzir os conhecimentos sobre o homem durante os projetos do posto de trabalho, das máquinas, dos instrumentos e dos sistemas de produção (LAVILLE, 1976).

A ergonomia de correção é desenvolvida em situações já existentes para melhorar as condições de trabalho. Sua atuação sobre os meios de trabalho geralmente é parcial e de eficácia limitada, pois é mais difícil de ser realizada e mais custosa do que na fase de projeto (LAVILLE, 1976).

Em contrapartida as decisões tomadas durante a ergonomia de concepção se baseiam em situações hipotéticas aumentando a incerteza inerente e o risco implícito em cada tomada de decisão (IIDA, 1990).

Outra classificação apresentada por Iida (1990) identifica duas abordagens em Ergonomia. A primeira consiste na Análise de sistemas, que está preocupada com o funcionamento global de uma equipe de trabalho usando uma ou mais máquinas, partindo de aspectos mais gerais como a distribuição de tarefas entre o homem e a máquina, a mecanização de tarefas e assim por diante. Esta análise pode se aprofundar até chegar ao nível de cada um dos postos de trabalho. A segunda é a análise dos postos de trabalho, que analisa a tarefa, a postura, os movimentos do trabalhador e suas exigências físicas e psicológicas (IIDA, 1990).

Ainda que seja de conhecimento dos pesquisadores que a Ergonomia, ao ser aplicada na indústria, propicia um aumento de eficiência, confiabilidade e qualidade das operações industriais via intervenções no sistema homem-máquina, na organização e nas condições do trabalho, tal conhecimento científico enfrenta dificuldades para ser aceito como uma maneira válida de se obter ganhos numa empresa, pois ainda encontra dificuldades em comprovar objetivamente seus benefícios. A falta de comprovações objetivas em abundância torna-se importante porque as decisões nas empresas costumam ser baseadas em dados objetivos, sendo necessário estimar aumentos de produtividade, qualidade, redução de custos e de consumo de energia, entre outros, para que a intervenção ergonômica seja bem aceita no meio industrial (IIDA, 1990).

A ergonomia adepta a experiências em laboratórios preocupa-se em superar esta dificuldade, determinando valores objetivos acerca do homem durante a realização do trabalho. Para isto, este ramo da Ergonomia considera dados objetivos do ser humano, descrevendo suas características gerais e procurando lhe adaptar máquinas e demais dispositivos tecnológicos.

As pesquisas nesta corrente científica são realizadas em ambientes de laboratório, isolados da situação real de trabalho, levando em conta variáveis do ambiente físico e do corpo humano.

Por sua vez, a Ergonomia centrada na atividade, ramo onde se situa a pesquisa aqui desenvolvida, representa uma linha de pesquisa mais ampla ao considerar aspectos organizacionais e observações *in loco* das situações reais de trabalho.

Para isto, este ramo de pesquisa recorre a análises da atividade de operadores particulares confrontados às suas respectivas tarefas. Seu objetivo é melhorar o desempenho de operadores identificados e não anônimos, procurando destacar a interação entre o operador e o ambiente técnico, sendo essencial a consideração da dimensão temporal.

Tal dimensão facilita a compreensão da situação atual, das estratégias de adaptação utilizadas, do diagnóstico feito pelos trabalhadores, das diversas participações nos tratamentos de incidentes e etc.

Uma vez que a Ergonomia centrada na atividade está mais focada na intervenção sobre os meios de produção, considerando a interação entre o operador e sua tarefa para melhorar o presente ou para conceber o futuro, é importante a análise sobre o terreno de modalidades específicas da atividade do operador em situação. Porém, deve-se reconhecer a conseqüente dificuldade de generalização dos dados obtidos (MOUNTMOLLIN, 1996).

Ainda neste ramo da Ergonomia, existe o conhecimento sobre o funcionamento dos sistemas, e o conhecimento sobre a utilização dos sistemas, ou procedimental. O conhecimento sobre o funcionamento permite estabelecer relações estáveis, de tipo causal, entre os elementos constitutivos da máquina em questão.

Já os conhecimentos sobre a utilização dos sistemas permitem responder inúmeras questões revelando astúcias, estratégias e modos adaptados de operação, para se obter os resultados

desejados, relacionando-se com a prescrição do trabalho, alvo de melhorias por parte do ergonomista (MOUNTMOLLIN, 1996).

A observação da atividade de trabalho também é destacada, pois somente através dela pode ser observado o planejamento da atividade, realizado pelos próprios operadores. Através deste planejamento, os operadores mudam seus objetivos e administram o tempo disponível de trabalho, originando o que os ergonomistas chamam de estratégias, as quais, geralmente, são pouco conhecidas pela organização.

Outro campo de interesse da Ergonomia é o trabalho em equipe, extremamente presente em plantas de processo contínuo, exigindo a utilização da comunicação como instrumento entre seus diferentes membros. Esta ciência procura estudar o coletivo de trabalho, o modo como estas equipes se organizam e elaboram suas estratégias coletivas, que significam mais do que a simples soma de estratégias individuais paralelas, e as comunicações que permitem a existência e coordenação de tais equipes (MOUNTMOLLIN, 1996).

Por fim, ao apontarem a importância dos fatores psicossociais e organizacionais, assim como diversos consensos sobre a não exclusividade da biomecânica como fonte causadora de distúrbios músculo-esqueléticos nos trabalhadores, os autores Coutarel, Daniellou e Dugué (2003), reforçam a importância de muitos dos aspectos acima apontados.

Desta forma, a Ergonomia tem condições de fornecer ferramentas para a análise de situações específicas acerca do trabalho em situações de processo contínuo, destacando as dificuldades enfrentadas e estratégias adotadas pelos respectivos operadores numa última tentativa em resolver, no ambiente operacional, o desequilíbrio entre os diversos aspectos de um sistema produtivo complexo e de grande porte.

II.2.2 Ergonomia de Concepção

Neste trabalho não serão discutidas questões de método sobre a inclusão da ergonomia de concepção nas decisões de projeto, pois esta pesquisa está focada na evolução dos projetos de engenharia e suas implicações em transformações no trabalho do operador, usuário das instalações. Portanto, este tópico da dissertação tem o objetivo de destacar a importância da ergonomia de concepção e os prováveis benefícios advindos de sua incorporação ao projeto.

Segundo Daniellou (1989), “a ergonomia estuda a atividade de trabalho a fim de contribuir à concepção de meios de trabalho adaptados às características fisiológicas e psicológicas do ser humano. Portanto, ela é fundamentada nas ciências naturais, que revelam as propriedades do ser humano. Ela produz seus próprios resultados sobre as condições de funcionamento do homem numa situação de atividade profissional. Por fim, ela é voltada à concepção de meios de trabalho, a fim de que estes levem em conta as características humanas e a atividade real dos trabalhadores”. Desta forma, a ergonomia vai além de conhecimentos físicos, fisiológicos e antropométricos, pois incorpora também a parte psicológica do ser humano.

Ao descrever o método de aplicação da ergonomia de concepção, que não será pormenorizado aqui, Daniellou (2002) afirma que a análise de situações de referência é a base de um processo para reflexão e previsão da atividade futura, que representa a atividade a ser realizada pelo trabalhador durante o funcionamento da instalação em fase de projeto.

Segundo o autor, a análise de situações de referência é a observação da variabilidade real em unidades semelhantes à que está sendo projetada e das respectivas estratégias empregadas pelos trabalhadores. Dentre estas situações levantadas existem aquelas com possibilidade de surgirem na nova instalação. São as situações características, que o novo sistema deve permitir serem geridas sem dificuldades pelos trabalhadores. O recenseamento destas atividades deve ser utilizado durante todas as fases do projeto.

Grossmith e Chambers (1998), ao discorrerem sobre a inclusão da ergonomia no desenvolvimento de um projeto, afirmam que quando realizada somente após a entrada em operação, acarreta perda de resultados que não podem ser recuperados e algumas delas continuarão por toda a vida útil da instalação. Tais perdas se devem à necessidade em compensar os trabalhadores por problemas causados pelo trabalho mal adaptado, às perdas de produtividade, às paradas de produção, à maior quantidade de materiais e produtos desperdiçados, à necessidade excessiva de manutenção, aos efeitos de colocar os trabalhadores em situação psicológica desestimulante, à necessidade de mais trabalhadores do que o programado para manter a instalação em funcionamento e ao excesso de horas-extras.

Ainda sobre as desvantagens da ausência da ergonomia nas fases iniciais de um projeto, Duarte (2002) aponta diversos tipos de resultados insatisfatórios observados na implantação de projetos industriais: inadaptação dos meios de trabalho à atividade, dificuldades de representação do estado real, insuficiência de formação dos operadores e dificuldades em assegurar a qualidade. Todos eles são resultados, principalmente, da ausência de reflexão do trabalho futuro durante o desenvolvimento dos projetos das instalações. Daniellou (2002) também aponta como uma das causas de inícios difíceis de operação, a gestão do projeto e a inexistência de reflexão sobre o trabalho futuro ao longo da concepção.

Ainda de acordo com Duarte (2002), a inadequação dos meios de trabalho à atividade influencia fortemente a ocorrência de problemas de saúde e fadiga entre os operadores. A representação pobre do estado real propicia o aumento dos riscos de acidentes, sobretudo no início da operação. Além disso, os níveis de produção estabelecidos como metas, a partir da capacidade nominal, não serão alcançados, principalmente devido à formação insuficiente dos trabalhadores e ao surgimento de inúmeros problemas quando da partida das novas instalações, que somente terão seu funcionamento estabilizado longo período após o início das operações. Por fim, a qualidade planejada não será alcançada devido à ocorrência conjunta de

todos estes fatores, comprometendo em grandes proporções os resultados esperados pela organização.

Durante as fases de projeto, ao não realizar uma reflexão sobre o trabalho futuro, a organização projetista peca por não incorporar numerosas fontes de variabilidade do trabalho na definição das tarefas a serem realizadas pelos trabalhadores, possibilitando a adoção de estratégias, consciente ou inconscientemente, que podem resultar em situações difíceis e até perigosas, às quais o trabalhador se expõe para manter o funcionamento do sistema.

Além disso, esta não incorporação da variabilidade é a causa de paradas freqüentes dos dispositivos que não conseguem tratar irregularidades ou eventos não antevistos, da multiplicação dos incidentes, degradando a produtividade e o clima social, e da diminuição da segurança.

Por fim, a consideração das variáveis, e conseqüentemente do conjunto de situações possíveis de serem enfrentadas pelos operadores, ou seja, das variações de matérias primas, produtos, máquinas e ambiente, durante as etapas de desenvolvimento, é um fator-chave para o sucesso do projeto (DANIELLOU, 1989).

Outro importante fator resultante da ausência da ergonomia nas decisões de um projeto é o não desenvolvimento de indicações suficientes sobre a organização do trabalho, ao contrário do que ocorre com componentes técnicos e econômicos (DUARTE, 2002). Neste sentido, a subestimação do impacto sócio-técnico é um forte causador de perturbações na implantação de projetos (THIBAUT, 2002).

Desta maneira a ergonomia deve ser incluída ainda nas fases de projeto das instalações, a fim de se evitar a exposição dos trabalhadores a situações degradadas de operação e a necessidade de paradas de funcionamento para correção. A necessidade de paradas de funcionamento para possibilitar a correção dificulta, onera e, em alguns casos, impede que tais correções sejam

realizadas efetivamente. Isto faz sentido se considerarmos a, anteriormente exposta, diminuição da influência de uma disciplina sobre os resultados finais do projeto quando tardiamente incluída no seu desenvolvimento.

Uma vez demonstrada a importância da inclusão da ergonomia de concepção no desenvolvimento de um projeto, é necessário debater acerca da temporalidade desta participação. Neste sentido, é válido destacar mais uma vez que os processos de desenvolvimento de um projeto efetuam diversos avanços com efeitos irreversíveis, ficando claro que os critérios de decisão podem ser fortemente enriquecidos através de interações precoces (BÉGUIN; WEIL-FASSINA, 2002).

Assim, estando a ergonomia de concepção voltada para influenciar as decisões dos projetistas, ela deve ser incluída nas primeiras fases do projeto fazendo com que haja uma reflexão do trabalho futuro nos momentos iniciais, influenciando o projeto desde suas primeiras etapas (LAMONDE, BEAUFORT e RICHARD, 2004).

Thibault¹⁵ (1994, apud DUARTE, 1999) corrobora com este ponto vista ao propor que a intervenção ergonômica se inicie desde os estudos de base, inclusive para que haja tempo suficiente para realização de levantamento de situações características prováveis e análise de situações de referência.

A participação do ergonomista durante a fase de execução do projeto, ou seja, durante a construção das novas instalações, também é importante conforme demonstram Jackson et al. (2004) em seus estudos de caso. Em tais pesquisas, a ausência de ergonomistas no acompanhamento desta fase acarretou em falta de apoio às decisões, visto que, ainda na fase de execução do projeto, também ocorrem modificações e tomadas de decisões que influenciam a futura situação de trabalho do operador.

¹⁵ Thibault, F.. *La Conception d'un Système d'Information dans une Industrie de Processus Continu: Role de L'Ergonomie dans cette Conduite de projet*, **Memoire Psychologie du Travail et Ergonomie des Systèmes**, Université de Bordeaux II, Bordeaux: 1994.

Novamente segundo Thibault (1994, apud DUARTE, 1999), a participação da ergonomia no desenvolvimento de um projeto, além de ter seu início ainda nos estudos de base, não deve se encerrar antes da entrada em operação do novo sistema produtivo, quando ainda surgirão novas questões para serem tratadas.

Sendo a ergonomia de grande importância para o sucesso do projeto de um sistema produtivo, e já determinado que sua inclusão deve se dar no início do projeto e perdurar durante todas as fases até a entrada em operação para acompanhamento e validação da situação resultante de trabalho, é necessário debater acerca, não do método em si, mas sim sobre os atores que devem ser envolvidos.

Segundo Daniellou e Garrigou (1993), a ergonomia de projeto se desenvolve baseada na análise de situações de referência, que é realizada através de reuniões com a participação de ergonomistas, projetistas, operadores e representantes da empresa que receberá o futuro sistema de produção. Todos estes atores devem debater acerca dos diferentes pontos de vista, principalmente entre os projetistas e os operadores.

Através destas reuniões, a ação ergonômica em projetos industriais tem buscado ressaltar a importância dos processos participativos de concepção. O ergonomista deve intervir neste processo para assegurar a construção da nova situação de trabalho, resultante de uma complexa confrontação de experiências e conhecimentos entre projetistas e operadores (LIMA, 1999).

Desta forma, a dinâmica de interação tem como objetivo permitir a participação do futuro usuário nas decisões de projeto, visto que sua participação, permitindo o acesso a um saber específico, é essencial para o sucesso da futura situação de trabalho (COUTAREL, DANIELLOU e DUGUÉ, 2003).

Segundo Daniellou e Garrigou (1993), a necessidade de uso dos saberes dos operadores traz questionamentos importantes, pois seus traços memorizados são heterogêneos, construídos por ações realizadas, sensações do corpo, aquisições de informações e aplicações destas memorizações em situações de trabalho.

O uso dos saberes do projetista também traz dificuldades a serem superadas, pois em sua visão tradicional existe uma subestimação da variabilidade industrial e das intervenções humanas dela resultantes, que são fatores importantes para o sucesso de um projeto. Assim, os constrangimentos temporais, facilmente percebidos na situação de trabalho cotidiana, passam imperceptíveis aos projetistas, demonstrando uma descontinuidade entre os “saberes de concepção” e os “saberes da vida cotidiana”. Por fim os projetistas não consideram características do funcionamento humano, nem do tratamento das informações pelos operadores, durante o desenvolvimento dos sistemas produtivos (DANIELLOU; GARRIGOU, 1993).

Uma vez apontadas as diferenças e a complementaridade entre os conhecimentos de projetistas e operadores, percebe-se a vantagem na utilização da estratégia de acompanhamento do projeto pelos futuros membros das equipes de operação (JACKSON, 2004).

Desta forma, percebe-se que, ao contrário da abordagem descendente da engenharia tradicional, que considera o trabalho uma variável de ajuste e não de ação (MALINE¹⁶, 1997 apud DUARTE, 2002), a ergonomia de concepção propõe ser a base para uma abordagem ascendente de projetos, pressupondo também uma construção social para obter instalações industriais que funcionem com maior eficiência e confiabilidade operacional (DUARTE, 2002).

¹⁶ MALINE, J.. **Simuler le travail: une aide à la conduite de projet**. Montrouge: ANACT, 1997.

Por fim, vale a pena destacar que os resultados de estudos sobre a participação da ergonomia em projetos revelam que ela desempenha um papel de catalisadora de decisões e fornecedora de realidade junto aos diferentes responsáveis pelo projeto (GARRIGOU, 1992, apud DUARTE, 1999). Isto se justifica, pois no caso de análises de situações de referência, os resultados das análises ergonômicas servem como ponto de partida para a reação dos operadores às propostas dos projetistas (JACKSON, 2004).

Ainda sobre os resultados almejados pela ergonomia de concepção, Coutarel, Daniellou e Dugué (2003) afirmam que a noção de margem de manobra permite resgatar o que é oferecido ao operador em termos de flexibilidade de modos operatórios ou imposição de constrangimentos, quando presente durante as etapas concernentes à fabricação das futuras instalações de trabalho. Desta forma, é possível intervir no projeto no sentido de otimizar a futura situação de trabalho aumentando as margens de manobra a serem oferecidas aos trabalhadores.

O conceito de margem de manobra, principalmente no setor de produção marítima de petróleo, também deve ser relacionado à antecipação dos possíveis problemas advindos do condicionamento da atividade dos trabalhadores por diversas normas. Esta antecipação deve ser feita desde o processo de concepção dos sistemas.

Em um estudo de caso sobre o assunto Jackson (2004) concluiu que as normas são pouco adaptadas ao contexto, sendo muito genéricas, além de desconsiderarem aspectos importantes para a produção de petróleo em águas profundas, inclusive sendo de pouca utilidade para a definição do arranjo físico.

Outro aspecto importante na ergonomia de concepção é o projeto dos locais e espaços de trabalho, que Granath (1991) considera ir além do arranjo físico de produção e incorporar aspectos arquitetônicos, sistemas técnicos e o modo como o trabalho é organizado,

relacionando diretamente o arranjo físico de um sistema produtivo com o trabalho realizado em determinada instalação.

O autor também afirma que o arquiteto, responsável por projetar o espaço de trabalho e o arranjo físico, deve possuir uma compreensão sócio-psicológica do modo como o ser humano interage com o ambiente ao seu redor. Para ele, o diálogo acerca do arranjo físico de um espaço de trabalho se relaciona com discussões sobre instalações técnicas, estruturas organizacionais e considerações técnico-produtivas.

Assim, o uso de simulações dos fluxos de produção é uma ferramenta eficiente no aprimoramento funcional do arranjo físico projetado.

Ao discorrer sobre o projeto do arranjo físico e do espaço de trabalho, Daniellou (1989) apresenta determinadas especificidades em relação aos demais domínios envolvidos na atividade de concepção. Para ele, a concepção arquitetônica contém aspectos importantes que não fazem parte das competências do ergonomista, cabendo-lhe cuidar para que as escolhas feitas nesta área sejam compatíveis com a atividade de trabalho e com seus conhecimentos acerca do funcionamento humano.

Daniellou (1989) divide a definição do espaço de trabalho em quatro ações. São elas a definição do plano de mobilização, da estrutura e do aspecto exterior da instalação física, a definição da distribuição das divisões interiores ao local de trabalho, a definição das instalações elétricas e climáticas entre outras, e a definição de aspectos de detalhamento como mobiliário e equipamento leve.

A estrutura temporal da atividade, a organização do trabalho, as políticas de gestão de estoques, o tratamento dos incidentes de produção, o acesso ao local de trabalho para os operadores, a produção e eliminação de dejetos, as ações de preparação do material e

definição dos locais não diretamente produtivos são elementos de forte influência na determinação do local de trabalho.

A organização do trabalho influencia a determinação do arranjo físico do local de trabalho em função da definição dos efetivos, das necessidades de colaboração entre operadores e entre diferentes funções, e da organização da manutenção e da conservação dos locais.

A estrutura temporal da atividade tem sua influência definida através dos constrangimentos de tempo, sobreposição e interrupção das tarefas. O tratamento dos incidentes de produção também tem destaque através dos procedimentos provisórios em consequência de modos de produção degradados.

A definição dos locais não diretamente produtivos se relaciona com a disposição de sanitários, salas de descanso, de reunião e de treinamento. Sempre em relação à organização do trabalho e suas pausas previstas, levando em conta os constrangimentos ligados às vestimentas necessárias ao trabalho.

Desta forma, enquanto os autores mais tradicionais em projeto de engenharia definem o arranjo físico de um sistema produtivo em função de variáveis estritamente ligadas ao tipo de processo, aos fluxos de produção, a quantidade de ciclos e repetições, a ergonomia de concepção dá atenção para as influências do arranjo físico sobre o trabalho e a qualidade de vida no trabalho.

Assim, a ergonomia de concepção esclarece que o trabalhador deve ser considerado como um interessado importante na definição do arranjo físico de uma instalação de produção, visto que as escolhas feitas nesta fase terão efeitos sobre ele ao longo de toda sua vida profissional.

Daniellou (1989) também aponta como fatores com influência sobre o arranjo físico e as instalações de trabalho os fluxos de trabalhadores, produtos, matérias-primas, subprodutos, materiais, ferramentas, veículos e informação.

A previsibilidade de filas e fluxos permite planejar o dimensionamento e a posição das ligações físicas e dos locais anexos, como estoques de materiais de conservação dos locais de trabalho, as proximidades entre sub-sistemas e a não imposição de barreiras arquiteturais. Ainda segundo Daniellou (1989), um equipamento não pode ser instalado em função unicamente de suas dimensões, mas sim considerado como um elemento de um sistema mais amplo e integrado de modo que suas interações com o resto do sistema sejam analisadas.

As ambiências físicas e químicas também são resultados de escolhas em função de arquitetura e concepção de máquinas, a coordenação destas escolhas é essencial para a qualidade final do ambiente. O aspecto arquitetônico do tratamento das ambiências físicas não trata somente da arrumação interior (definição de luminárias, por exemplo). Certas decisões, como o uso de iluminação natural, a previsão de fundações especiais para máquinas ruidosas, paredes especiais anti-ruídos, sistemas de climatização e ventilação e de vazios técnicos e forros falsos ou especiais, também lhe dizem respeito. O autor comenta que, para tratar dessas decisões é sempre necessário recorrer a especialistas devido aos cálculos específicos necessários e destaca o fato de materiais utilizados interagirem com mais de um aspecto abordado.

Desta forma, os autores apresentados acima, dão forma e método à Ergonomia de Concepção, justificando sua inclusão o mais cedo possível na execução dos projetos de engenharia como uma forma de estabelecer um ambiente de produção equilibrado e adequado à atividade de trabalho de seus operadores.

II.2.3 O trabalho em instalações de processo contínuo

O processo contínuo envolve uma entrada de materiais a serem processados e uma saída de produtos, ambas operando continuamente ao longo do tempo (GUILLAUME, 1989). Sendo o processo contínuo uma característica marcante do sistema produtivo objeto deste estudo e servindo a definição acima para sistemas da indústria química e petroquímica, é necessário

descrever aqui alguns conceitos no sentido de elucidar as implicações deste tipo de sistema no trabalho de seus operadores.

Além de influenciar a definição do arranjo físico, o caráter contínuo do processo traz como consequência direta aos trabalhadores a “dificuldade de construção de uma informação confiável do processo”. Tal dificuldade causa uma subestimação dos índices informais acerca do processo e a contradição entre o ponto de vista da informatização, baseado na otimização do funcionamento das instalações em períodos estáveis, e a atividade dos operadores, voltada para a prevenção e recuperação do sistema em situações instáveis ou em períodos de entrada e re-entrada da produção em funcionamento (DANIELLOU, 1989).

Desta forma, caberá ao operador interpretar as informações e definir as ações a serem realizadas, além de pesar seu grau de confiabilidade através da experiência anteriormente adquirida. Para realizar tal julgamento das informações fornecidas pelo sistema, o operador deverá comparar diversos indicadores entre si, confrontando as possíveis conclusões, ou recorrer a sua experiência profissional, seus conhecimentos técnicos e sua formação para decidir sobre a utilidade destes valores (GUILLAUME, 1989).

Segundo Ferreira (2002), numa instalação de produção, as transformações dos produtos ocorrem de maneira invisível ao operador no interior dos equipamentos, que por sua vez são de grande porte, numerosos, complicados e interconectados num sistema fechado. Portanto, o sistema prevê que os operadores só acompanhem indiretamente a evolução dos processos, através de indicadores formais como termômetros, manômetros e indicadores de nível, equipamentos específicos que possibilitam a leitura objetiva de características dos produtos.

Esta leitura objetiva é insuficiente para assegurar ao operador o conhecimento da evolução das transformações. Por este motivo, ele também abre mão de indicadores informais, aspectos subjetivos ou não mensuráveis, como odores e ruídos não usuais, aspectos de determinado

instrumento, posição de válvulas, comportamento de motores como vibração e temperatura, cor de amostras e determinados sinais de colegas de trabalho.

Daniellou (1989) destaca também a subestimação dos indicadores informais pela empresa. Tal subestimação empobrece a interpretação do trabalho dos operadores realizada pelas chefias, dificultando a incorporação destas necessidades nos debates sobre seu trabalho.

Ainda sobre esta representação, Daniellou (1989) aponta uma forte contradição entre um ponto de vista da informatização e automatização, utilizado pela empresa com o objetivo de otimizar o funcionamento do sistema produtivo em períodos estáveis, e a efetiva atividade dos operadores, grande parte do tempo voltada a prevenir e recuperar as recorrentes instabilidades do sistema. Assim, o operador permanece grande parte do tempo trabalhando para recuperar o bom funcionamento do sistema, abrindo mão de estratégias informais para lidar com a falta de previsão das instalações para este tipo de trabalho.

A formação inadequada dos operadores é outro aspecto importante, principalmente em novas instalações. Nestes casos, ocorrem situações inéditas cuja solução, ao envolver o operador e exigir a aplicação de seus conhecimentos, ajuda a construir um novo saber que será utilizado na repetição desta mesma situação (FERREIRA, 1996).

Logo, a formação esperada dos operadores deve ser adequada ao sistema produtivo antes de lhes transmitir responsabilidades. Esta formação deve ser compatível em termos de conteúdo, de aprendizado “*in loco*” e de duração, (DANIELLOU, 1989).

Também há que se destacar aqui, a atual realidade de alto grau de qualificação profissional do trabalhador da indústria do petróleo, justificando uma consideração mais rica de sua atuação no sistema.

Conforme já citado na introdução deste estudo, o trabalho de operadores de instalações petrolíferas é de caráter contínuo, perigoso, complexo, contínuo e coletivo (FERREIRA,

2002). O perigo advém originalmente do trabalho com responsabilidade sobre grandes quantidades de produtos inflamáveis e tóxicos, que por si só exige um fundo de preocupação e cuidados constantes durante toda execução das tarefas.

A possibilidade de vazamento de gases nocivos como o H_2S , letal ao ser humano mesmo em quantidades mínimas e com possibilidades de ocorrência em hidrocarbonetos, ou outros ácidos e gases perigosos aos trabalhadores, permeia esta atividade profissional. Assim, permanece a preocupação com produtos tóxicos e a geração de traumas, conforme relatos presentes na obra de Ferreira (1996), por motivo de possíveis efeitos indesejáveis a saúde, ou até mesmo causando a morte.

Outro risco inerente se deve a presença de máquinas em altas temperaturas nas proximidades dos serviços, muitas vezes sujeitas a contato com gases inflamáveis, provenientes de vazamentos imprevistos, possibilitando a ocorrência de acidentes com conseqüências trágicas.

O perigo se agrava ao ser levado em conta que este processo produtivo utiliza temperatura e pressão anormais, aumentando o risco de ocorrências de acidentes e a magnitude de seus efeitos. A este contexto devem ser somados riscos inerentes a qualquer atividade industrial, como as grandes tensões de energia elétrica.

Desta forma, ficam implícitas a este tipo de trabalho toda a tensão e a atenção exigidas, ambas agravadas pela recorrência de pequenos vazamentos de gás e óleo neste tipo de instalação.

Duas últimas conseqüências do perigo no trabalho do petroleiro devem ser citadas. São a iniciativa de combate às emergências, arriscando a própria vida para evitar o alastramento dos efeitos de um determinado acidente, e a cooperação e responsabilidade assumidas pela segurança alheia. Assim, o operador deste tipo de processo atua sempre sob tensão, com uma inerente responsabilidade pela segurança de suas ações ou problemas dos equipamentos e em estado de alerta para atuar e garantir a segurança do sistema.

A complexidade citada por Ferreira (1996) reside na, já mencionada, grande quantidade de informações utilizadas pelo operador. Tais informações somente são obtidas de maneira indireta e, muitas vezes, informal. A complexidade do sistema aumenta ao se considerar que, além desta quantidade de variáveis envolvidas no acompanhamento do processo, também é obrigatório ao operador acompanhar a evolução delas, e não somente os estados momentâneos.

A interação no processo também é indireta e comumente à distância, ou seja, os operadores agem apenas sobre partes do processo, por manobras em equipamentos, realizadas através de abertura ou fechamento de válvulas e acionamento de bombas.

Ao comentar as variáveis e as maneiras de interação dos operadores no processo, Ferreira (1996) destaca relatos que demonstram o caráter simbólico destas informações, pois são transmitidas ao operador por “um segundo tipo de sistema de tratamento de informações também complexo”. Neste sistema, o operador aciona um botão em determinado painel de controle, mas na realidade, está modificando uma condição de determinado equipamento na produção.

O dinamismo deste processo produtivo também reside na simultaneidade de suas reações, exigindo a compreensão de grande quantidade de variáveis para lidar adequadamente com seu andamento. Vale a pena lembrar que tais variáveis também se inter-relacionam, podendo adquirir inúmeras configurações.

Tais configurações podem trazer inúmeras consequências para o processo, uma vez que esta simultaneidade pode multiplicar os impactos no sistema, caracterizando sua complexidade. Esta complexidade, somada ao caráter de perigo já apresentado, potencializa a tensão a que se expõem os respectivos operadores, que devem sempre estar atentos, tentando compreender a evolução do sistema para evitar que este saia de controle e traga consequências como perda de produtividade e acidentes.

Outro aspecto importante deste processo produtivo é a aleatoriedade e conseqüente imprevisibilidade dos acontecimentos, lembrando que muitas vezes tais fenômenos podem evoluir lenta e invisivelmente, aumentando a demanda por atenção a detalhes por parte dos operadores.

A complexidade descrita nos parágrafos anteriores também é fortemente influenciada pela constante preocupação dos operadores em preservar os equipamentos. O valor alto destes equipamentos faz com que a realização de substituições ou reparos possa resultar em paradas de produção problemáticas em termos técnicos e de custos, aumentando mais ainda a tensão constante que é enfrentada pelos operadores (FERREIRA, 1996).

Ao analisar o trabalho em sistemas produtivos de processo contínuo, Ferreira (2002) demonstra que, neste tipo de processo, o trabalho em turnos é uma constante, assim como o revezamento dos turnos, trazendo conseqüências aos trabalhadores. Dentre tais conseqüências estão alterações no ritmo circadiano e a necessidade de revezamento das equipes, uma vez que o processo tem um “funcionamento ininterrupto”.

As alterações no ritmo circadiano podem levar a distúrbios do sono, ressaltando que tais problemas podem permanecer mesmo após a aposentadoria do trabalhador prejudicado. A necessidade de revezamento faz com que o processo contínuo seja análogo a um corpo que muda de cérebro, ou equipe de operadores, exigindo a troca de informações entre os membros dos diferentes turnos. A exigência de revezamento do trabalhador entre estes turnos acaba por aumentar suas dificuldades de adaptação em relação à vida social, familiar e à própria mudança do turno de trabalho em si.

A incoerência deste revezamento é que seus trabalhadores não permanecem no mesmo estado durante todos os momentos do dia ou da noite. Seus limites biológicos e ritmos circadianos fazem com que se comportem diferentemente de dia ou de noite.

Também deve ser levado em conta, o efeito do revezamento de horários, que podem provocar deficiências crônicas de sono e uma série de outras perturbações, que perduram mesmo após a aposentadoria, pois, segundo os próprios depoimentos colhidos pela autora, os operadores alegam que o “corpo não se acostuma com a mudança de horários”.

Em sua obra, Ferreira (1996) expressa vários relatos de trabalhadores apontando grande dificuldade na adaptação ao ritmo do metabolismo com relação aos horários de trabalho modificados, principalmente nos primeiros dias após o revezamento. Os operadores também afirmam que, quando começam a se adaptar à nova rotina, já estão nos últimos dias daquele turno e logo reiniciarão os esforços de adaptação a um novo horário de trabalho.

O trabalho em processo contínuo também tem um forte caráter coletivo, pois possui objetivos comuns que, para serem alcançados, necessitam de ações coordenadas e simultâneas de diversas pessoas, que devem interagir, comunicando-se a todo instante para controlar o processo, evidenciando uma interdependência dos serviços (FERREIRA, 1996).

Esta comunicação envolve também equipes de outras áreas da instalação produtiva e seu conteúdo proporciona ao operador o conhecimento do estado atual da unidade, a coordenação de ações simultâneas ou sequenciais, assim como o conhecimento das atividades relevantes realizadas pelos demais trabalhadores, o esclarecimento de dúvidas, a resolução de problemas e a emissão e o recebimento de ordens. Além disso, esta rede de comunicações garante a homogeneidade do conhecimento de todos os membros da equipe sobre o sistema e as peculiaridades de seu funcionamento (FERREIRA, 1996).

Outra observação importante sobre a coletividade do trabalho é o fato de o volume produzido não ser diretamente dependente do número de operadores presentes para controlá-lo, ao contrário do que ocorre em sistemas de produção discreta (FERREIRA, 1996), o que demonstra a capacidade da equipe em se adaptar às condições de operação, procurando manter os níveis de produção ou aumentá-los quando necessário.

Ferreira (2002) apresenta um modelo funcional da atividade coletiva dos operadores em instalações de processo contínuo, segundo o qual, ao analisar o sistema, o operador necessita ter conhecimento do estado do processo a cada momento. Para isto, é necessário construir um modelo mental que permita visualizar, através da imaginação, o que está ocorrendo dentro dos equipamentos e quais os fluxos e vazões dos produtos, além de recorrer aos pontos críticos do sistema, possíveis fontes de problemas e panes.

A partir desta construção mental, os operadores traçam suas estratégias de ação, que devem ser conhecidas dos demais operadores da equipe, pois a coordenação entre as várias estratégias simultâneas, ou encadeadas, é fundamental para o bom andamento do processo. Ainda assim, é possível que tais ações não resultem conforme o esperado, necessitando que seja iniciado um “trabalho de diagnóstico”, quando os operadores voltam aos indicadores do processo para novamente construir um modelo de seu estado e compreender o que aconteceu devido às ações realizadas pela equipe.

Segundo Llory (2002), conforme já apresentado na introdução do presente estudo, esta atividade coletiva não é exercida facilmente. Na sua opinião, ela é impedida por pesadas exigências técnicas e organizacionais, que mantêm a concepção do trabalho baseada na individualidade. Desta forma, ao ser forçado ao máximo de sua capacidade, através de efetivos mínimos e graus de liberdade reduzidos, o setor de produção se torna vulnerável aos funcionamentos transitórios. As relações de trabalho também não são levadas em conta pelo gerenciamento, o que pode levar a um distanciamento entre equipes e conseqüente falta de integração entre as diferentes áreas, ou mesmo internamente a uma equipe.

Atualmente, a gestão geralmente praticada na maioria das empresas é estritamente individualista, prescritiva e normativa, subestimando as principais dificuldades do trabalho real e cotidiano, colocando-o como uma questão resolvida. Porém, na verdade, esta resolução

fica a cargo dos operadores, por meio de suas diversas estratégias, e muitas vezes ao custo de sua saúde.

O recorrente uso de indicadores gerenciais, pobres para a análise de processos realizados em equipe, a desconsideração dos fatores históricos de formação de uma equipe e de contexto do trabalho, a elaboração de diagnósticos pontuais em relação ao tempo, desconsiderando a tendência de evolução da equipe, e a incompreensão do funcionamento de grupos coletivos, levam as organizações a exigirem dos operadores estratégias que possibilitem a real criação de um ambiente coletivo no trabalho, representando um adicional dispêndio de energia das equipes envolvidas.

Estas diferenças de representação do trabalho entre a direção e os operadores, aparecem de modo marcante nos estudos de caso de Ferreira (1996) conforme o quadro abaixo.

DIREÇÃO	OPERADORES
Riscos sob controle, desde que se respeite as normas de segurança	Riscos podem fugir ao controle mesmo que se respeite as normas de segurança
Funcionamento do dispositivo tecnológico normalizado com poucas variações.	Funcionamento do dispositivo tecnológico não normalizado, com diferenças entre períodos perturbados e períodos calmos.
Poucas tarefas, aparentemente simples.	Muitas tarefas, às vezes de alta complexidade.
Alocação de tarefas entre operadores bem delimitada.	Limites de tarefas de cada operador não tão nítidos
Tempos precisos para cumprir cada tarefa	Tempos variáveis e nem sempre programáveis
Modos operatórios fixos e repetitivos	Modos operatórios variáveis e heurísticos
Predomínio de tarefas de simples vigilância	Predomínio de tarefas de planejamento e intervenção
Não considera variações de estado dos operadores pela ritmicidade biológica	Grandes alterações no estado dos operadores segundo os diferentes turnos
Gestão baseada em hierarquia	Gestão coletiva do processo
Valorização do desempenho individual	Valorização da experiência prática coletiva
Trabalho em equipe é o somatório dos trabalhos individuais	Trabalho em equipes é a integração dos trabalhos individuais

Tabela 5 – Diferenças de interpretações do trabalho entre direção e trabalhadores –
fonte: Ferreira (1996)

De acordo com a direção, os riscos da operação estão sob controle, bastando ao trabalhador respeitar as normas e procedimentos de segurança para não haver problemas. Os trabalhadores sabem, porém, que o sistema pode fugir ao controle, trazendo situações inseguras, mesmo quando respeitam as tais normas. Esta tensão é incorporada às suas rotinas, tentando prever a iminência de riscos através de modelos mentais sobre o comportamento do sistema.

As variações do sistema tecnológico são constatadas por Guillaume (1989), que divide o trabalho dos operadores em períodos calmos e períodos agitados, demonstrando a inconstância do sistema e suas conseqüências ao trabalhador. Porém, tais variações seguem ignoradas pela direção das empresas, que consideram o sistema como estável.

Ao analisar as tarefas dos operadores, a direção costuma classificá-las como de pouca quantidade, de simples execução, com modos operatórios fixos e repetitivos, com tempos de execução bem definidos, predominantemente de vigilância e bem delimitadas entre a equipe. Por outro lado, os operadores afirmam que suas tarefas são numerosas, por vezes de execução complexa com modos operatórios variáveis e heurísticos, com tempos de execução variáveis, predominantemente de planejamento ou intervenções, e não delimitadas de forma definida entre os trabalhadores.

Ao discutir a tarefa de um operador da sala de controle, Guillaume (1989) não deixa dúvida do contexto de maiores variação e inconstância apontado pelos trabalhadores. Tal variabilidade permite concluir que a direção assume uma interpretação extremamente reducionista do trabalho realizado pelos seus operadores. Esta visão reducionista impede que o sistema disponibilizado ao trabalhador o auxilie em muitas de suas estratégias, obrigando-o a superar dificuldades para manter os resultados esperados pela direção.

Com relação ao trabalho em equipe, novamente a direção desconsidera a real importância do coletivo, colocando os bons resultados do trabalho como fruto da hierarquia e do desempenho individual, ao contrário do que indica a rica rede de comunicações descrita anteriormente por Ferreira (2002).

Esta visão equivocada da ausência de coletividade é posta abaixo por Llory (2002), que demonstra as dificuldades enfrentadas pelos operadores para que consigam construir o ambiente propício à coletividade necessária para o bom andamento de seu trabalho.

Uma vez discutida a coletividade do trabalho dos petroleiros, assim como os outros três aspectos marcantes deste tipo de atividade profissional, Ferreira (1996) destaca a ressonância existente entre eles. O perigo aumenta a complexidade do trabalho ao moldar sua estratégia coletiva, enquanto o caráter contínuo tem relação também com a complexidade do sistema e interfere na relação do trabalho com o risco. Assim, alterações em qualquer um destes aspectos se refletem nas demais.

Após os conceitos acima apresentados, fica clara a riqueza e densidade do trabalho do operador de um processo contínuo, pois sua atividade profissional envolve lidar com os quatro aspectos citados, incluindo sua ressonância.

Porém, muitas vezes este trabalho é considerado menos denso pelos níveis hierárquicos mais altos, contrariando as observações de raridade de momentos com atividade restrita à vigilância, assim como não há evidências da existência de períodos de ociosidade (FERREIRA, 1996). Por outro lado, é comum uma intensa atividade, tanto de busca de informações que permitam compreender o estado do processo, realizada a partir de documentos ou de comunicações com outros operadores, quanto de intervenção nele.

Estando já determinadas as características mais importantes do trabalho do operador da indústria do petróleo, assim como seus efeitos sobre a atividade real destes trabalhadores, é necessário serem analisadas suas tarefas recorrentes, sempre sob a influência do perigo, da complexidade, da continuidade e da coletividade, conforme descrito acima.

Dentre as tarefas de rotina do operador de área, podem ser citadas a execução de manobras através do acionamento de bombas e válvulas, que apresentam variedade e grandes proporções, exigindo esforços físicos sob as mais variadas condições climáticas quando não auxiliadas por dispositivos mecânicos ou automatizados, além de eventual risco de falhas no sistema de automação; a retirada de amostras de produtos para laboratório a fim de verificar se o processo está correndo bem ou precisa ser modificado; a preparação dos equipamentos

para a manutenção, assim como o acompanhamento da realização da manutenção; a execução e o controle dos processos de recuperação de óleo, para não descartá-lo ao meio ambiente junto com a água eliminada; além da limpeza dos dutos e equipamentos, através de dispositivos específicos que passam por dentro da tubulação com esta finalidade.

Todas estas tarefas são apoiadas por cálculos de vazões, volumes, pressões, densidades, níveis e outros parâmetros. Tais parâmetros ajudam a prever o comportamento do processo conforme a ação tomada pelo operador (FERREIRA, 1996), destacando assim a importância da memorização, antecipação e planejamento das atividades (GUILLAUME, 1989).

Outro importante fator de influência do trabalho dos operadores é a interação com o serviço de manutenção. Neste caso, é normal que haja um conflito entre a necessidade de produção e a preocupação com a segurança. O operador de produção é pressionado a liberar um equipamento para a equipe de manutenção o mais rápido possível, porém é necessário ter certeza das condições de segurança para a realização do serviço. Para isso é preciso certificar que o equipamento não apresenta riscos ao mantenedor. Porém, muitas vezes, apesar dos cuidados do operador serem pertinentes, existe uma pressão por uma rápida liberação do equipamento, aumentando o constrangimento de tempo imposto ao operador.

Por outro lado, a boa execução do serviço de manutenção preventiva evita a ocorrência de perdas de produto ou equipamento, que acarretariam em um alto custo para a organização. Por esta razão, as vistorias rotineiras do operador de processo são importantes para identificar problemas atuais ou futuros e evitar tais perdas ou riscos para a organização.

Assim, a revisão teórica de conceitos de Ergonomia apresentada acima realizou uma descrição de conceitos básicos de ergonomia, variáveis por ela consideradas numa situação de trabalho, possíveis classes de intervenções ergonômicas e suas diferentes correntes de pesquisa, sempre procurando destacar a importância da abordagem da situação real de trabalho para esta dissertação.

Com o objetivo de compreender as oportunidades de melhorias a serem possibilitadas com a inclusão dos conhecimentos da Ergonomia nas etapas iniciais de um projeto, a segunda parte desta revisão teórica descreveu as vantagens propiciadas pela prática da Ergonomia de Concepção. A compreensão destas vantagens torna-se importante uma vez que, a pesquisa aqui desenvolvida tem o objetivo de investigar um campo, cujo projeto não incluiu satisfatoriamente os conceitos da Ergonomia de Concepção, gerando assim uma situação de trabalho carente de melhorias.

Por fim, a terceira e última parte desta revisão, apresentando conhecimentos da Ergonomia aplicada ao trabalho em instalações de processo contínuo, procurou relatar as dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores deste tipo de indústria, assim como as estratégias por eles utilizadas para recuperar o equilíbrio entre os diversos aspectos do ambiente de produção, com o objetivo de adaptar o sistema às situações e peculiaridades não previstas em seu projeto. A apresentação deste conteúdo tem como objetivo, principalmente, fornecer subsídios teóricos à investigação do trabalho de operadores de instalações marítimas de produção de petróleo, tema central desta dissertação.

Desta forma, os conceitos de Ergonomia aqui apresentados procuram construir o referencial teórico necessário ao desenvolvimento satisfatório desta pesquisa, bem como de suas discussões e conclusões alcançadas a partir do estudo de caso a ser realizado.

III Metodologia

Conforme descrito anteriormente, esta pesquisa trata de uma análise sobre o trabalho em processos contínuos de produção, considerando as condições atuais e dificuldades enfrentadas por operadores deste tipo de instalações.

Seu desenvolvimento envolve a realização de uma análise ergonômica para evidenciar determinantes do trabalho destes operadores, identificando sua lógica operacional como tentativa de integrar os diversos aspectos de uma planta de produção.

O método de estudo de caso pode ser aplicado em pesquisas de Ciência política, administração pública, psicologia, sociologia, estudos organizacionais e gestão (YIN, 1989), sendo, algumas delas, disciplinas consideradas durante o desenvolvimento de um estudo ergonômico como o aqui citado.

Ainda sobre a adequação do método, o estudo de caso “é aplicável para situações onde o problema de pesquisa é abrangente, complexo e não pode ser analisado fora do seu contexto” (LAZZARINI, 1995), justificando sua escolha para esta pesquisa, cuja intenção é estudar algo complexo e fortemente influenciado pelo seu contexto, conforme descrito nos capítulos anteriores.

Desta forma, esta pesquisa trata de um tema contemporâneo em seu contexto real, cujos aspectos relevantes não podem ser controlados e a fronteira entre contexto e tema não pode ser claramente definida. Tais características adequam-se à aplicação de um estudo de caso, cujo desenvolvimento é similar a uma pesquisa histórica, apesar da utilização de observação direta e entrevistas sistemáticas como fontes de evidência diferentes (YIN, 1989).

Ao comparar o estudo de caso com a pesquisa histórica, Lazzarini (1995) afirma que o primeiro lida com eventos contemporâneos, tornando-se mais potente que a análise histórica devido à abrangência de uma maior variedade de evidências.

Segundo Eisenhardt (1989), um estudo de caso combina métodos de coleta de dados como arquivos, entrevistas, questionários e observações, levantando evidências qualitativas e quantitativas. O estudo ergonômico, desenvolvido nesta dissertação, utiliza métodos semelhantes de coleta de dados, baseando-se em análises de arquivos da empresa estudada, entrevistas com suas chefias e operadores, aplicação de questionários e observações diretas abertas e sistemáticas. Sempre procurando evidências qualitativas que fundamentem a investigação de evidências quantitativas e objetivas.

Assim o estudo de caso pode ser considerado como um método de pesquisa hábil e sensível para analisar um evento inserido num contexto mais amplo, trazendo benefícios para a pesquisa (LAZZARINI, 1995).

Além disso, eventos de grande complexidade e difícil quantificação pedem abordagens qualitativas tanto para consideração efetiva do contexto quanto para a operacionalização da pesquisa (LAZZARINI, 1995).

Segundo alguns membros da comunidade científica, os pontos fracos deste método de pesquisa são a possível falta de rigor científico enviesando o estudo, a longa duração, resultando numa documentação incompreensível, e a dificuldade de generalização (YIN, 1989).

Yin (1989) rebate tais pontos fracos afirmando que o viés passível de presença num estudo de caso também pode estar presente em experimentos e pesquisas históricas. O pesquisador pode limitar a duração da pesquisa e o volume da documentação e a dificuldade em generalização deve ser eliminada através da repetição do fenômeno em diferentes condições, semelhante ao desenvolvimento de experimentos. Por fim, os estudos de casos devem ser generalizados para proposições teóricas e não para populações ou universos.

Outros pontos fracos da construção de teorias por estudo de caso são apontados por Eisenhardt (1989). O primeiro diz respeito ao uso intensivo de evidência empírica, podendo tornar a teoria excessivamente complexa. Isto acontece quando o pesquisador tenta capturar todas as variáveis do campo de pesquisa, ao invés de adotar uma quantidade adequada, fazendo com que a teoria seja rica em detalhes, mas sem a simplicidade da visão geral.

O segundo ponto fraco diz respeito ao risco em se elaborar uma teoria que descreva um fenômeno idiossincrásico em excesso, ou que o estudioso tenha dificuldade em elevar o nível de generalização da teoria.

É importante que o pesquisador tome consciência destes pontos fracos para que sejam evitados no desenvolvimento da dissertação e, conseqüentemente, não influenciem de forma negativa o resultado da pesquisa.

Dentre os pontos fortes do estudo de caso para a construção de teorias, está a possibilidade de constante justaposição de realidades conflitantes, tendendo a tornar o pensamento do pesquisador mais dinâmico e potencializando a geração de novas teorias com menor viés que a pesquisa tradicional (EISENHARDT, 1989).

Outra vantagem deste método está no fato de que a nova teoria é testada com construtos que podem ser mensurados e suas hipóteses podem ser verificadas sobre sua veracidade. Por fim, a teoria resultante é empiricamente válida (EISENHARDT, 1989).

Ainda sobre a generalização da teoria, Yin (1989) afirma que a teoria adequadamente desenvolvida representa o nível ao qual a pesquisa será generalizada, sendo que esta generalização deve ser analítica na maioria dos casos, e não estatística como em outros métodos utilizados.

Finalmente, é importante considerar as demais teorias relevantes para a pesquisa a ser desenvolvida, que podem ser teorias sobre indivíduos, sobre organizações ou teorias sociais (YIN 1989).

Uma vez escolhido o estudo de caso para o método desta pesquisa, é necessário esclarecer que a intenção da pesquisa de campo é a análise do trabalho dos operadores de uma plataforma marítima de produção de petróleo, realizando uma análise ergonômica da atividade destes trabalhadores.

Vale a pena lembrar que o acesso a este campo de pesquisa é extremamente restrito e será possível ao pesquisador devido ao seu vínculo profissional com a empresa proprietária da instalação e ao interesse dela em desenvolver a ergonomia de suas plantas de produção.

Assim pode-se afirmar que o “caso” a ser abordado nesta pesquisa é um caso revelador, que ocorre quando um investigador tem a oportunidade de observar e analisar um fenômeno raramente acessível à investigação científica (YIN, 1989).

Segundo Yin (1989), a estruturação do Projeto de Pesquisa deve contar com cinco componentes. O primeiro é a “questão do estudo”, que nesta dissertação pode ser definida como “Como e por que a verticalização da planta produtiva de plataformas petrolíferas e a conseqüente dispersão dos pontos de interação entre operador e processo, implicam em determinantes ao trabalho de seus operadores?”.

O segundo componente é formado pelas proposições da pesquisa, sendo que cada uma delas deve atentar para algo a ser examinado no escopo do estudo. A primeira proposição desta pesquisa é que os meios de trabalho do campo a ser pesquisado não são satisfatoriamente adaptados à atividade desenvolvida pelos trabalhadores, ocasionando-lhes a ocorrência de dificuldades operacionais. Outra proposição é a de que há uma dificuldade de representação do estado real do trabalho pelas organizações empresariais.

A terceira proposição desta pesquisa é a de que os problemas enfrentados pelos operadores destas plantas produtivas aumentam suas dificuldades em assegurar a qualidade da produção e em alcançar os níveis de produção determinados como metas. A insuficiência de margens de manobra para os trabalhadores também é uma proposição a ser pesquisada.

Aspectos como inadequação de ambiências em termos físicos, químicos, acústicos, de iluminação, de ambiência térmica e de ventilação também compõem uma proposição passível de estudo nesta pesquisa.

Em termos de incorporação da coletividade do trabalho na gestão empresarial, a presença de indicadores reducionistas e insuficientes, e a fraca consideração das necessidades de informação dos operadores na representação do trabalho adotada pela empresa também é uma proposição a ser analisada.

O terceiro componente diz respeito às unidades de análise, que definem sobre o que é o “caso”, podendo ser um evento ou uma unidade não tão facilmente delimitada quanto um indivíduo. Também é necessário que esteja bem definido o que está dentro e o que está fora de cada unidade de análise, assim como também é necessário que hajam limites específicos de tempo pontuando o início e o fim do caso. Vale a pena lembrar que “a unidade de análise e o estudo de caso devem ser similares aos estudos prévios ou claramente diferentes” (YIN 1989), de forma a manter a utilidade desta pesquisa para o avanço do tema.

Neste aspecto a unidade de análise deste estudo de caso será um cargo de operação de uma equipe do setor de processos de uma plataforma marítima de extração de petróleo a ser identificada juntamente com a empresa. Para o correto desenvolvimento deste estudo será necessário utilizar dados e informações da empresa, do campo de petróleo onde se localiza a plataforma citada, da produção da plataforma e de diversos aspectos da equipe e do cargo em questão. Desta forma, a pesquisa dará atenção a uma série de subunidades da principal unidade de análise, caracterizando-se como um caso “matricial” (YIN, 1989).

Os dois últimos componentes são a lógica, entre dados e proposições, e o critério para interpretar as conclusões da pesquisa, que devem estar bem definidos permitindo a operacionalização da pesquisa. Ambos devem ser verificados atentamente durante o desenvolvimento da pesquisa de campo e das discussões de seus resultados.

Assim, a pesquisa de campo desta dissertação se baseia na realização de uma análise ergonômica da atividade de trabalhadores de um setor de uma plataforma marítima de produção de petróleo, que tem o objetivo de levantar as diferenças entre as tarefas prescritas e a atividade de trabalho, identificando as principais dificuldades e determinantes impostos a estes trabalhadores durante a execução de suas tarefas, para contribuir à transformação desta situação de trabalho (RABARDEL et al, 1998).

III.1 Método de abordagem ao campo

Uma vez definido o estudo de caso conforme acima, foi realizada uma investigação abrangendo entrevistas e levantamentos de características relevantes da empresa onde se insere o campo de pesquisa.

Esta investigação incluiu entrevistas com profissionais da empresa envolvidos com projetos de plataformas produtoras de petróleo, o estudo de seu histórico na área de projetos de plataformas marítimas de produção e de seus métodos de desenvolvimento de tais projetos. Por fim, foram analisados dados obtidos a partir de um estudo ergonômico anteriormente realizado em plataformas marítimas da empresa.

O levantamento inicial de aspectos da empresa onde se insere o campo de pesquisa permitiu compreender as práticas de projeto e operação da empresa, tendo como objetivo a apropriação do contexto destes assuntos dentro do ambiente empresarial. Tais entrevistas permitiram contextualizar o projeto de plataformas, e suas características de operação em termos de

evolução histórica, tecnológica, política e econômica. Tais aspectos não são tratados nesta dissertação pela ausência de relação direta com o estudo de caso aqui pesquisado.

Durante tais entrevistas, foi citado um estudo ergonômico realizado em uma unidade organizacional da empresa, incluindo plataformas marítimas de produção. O acesso a este estudo, possibilitou delinear alguns dados sobre as dificuldades existentes na situação de trabalho dos operadores deste tipo de unidade. Dentre tais dificuldades, estão citadas nos relatórios do estudo aspectos relativos a acidentes e suas possíveis relações com a situação de trabalho observada, problemas relacionados à Ergonomia observados nos postos de trabalho, recomendações feitas pela equipe de consultores e demandas identificadas para novos estudos ergonômicos.

Assim, dentre as recomendações do referido estudo, encontra-se a de utilização da Análise Ergonômica do Trabalho nas unidades da empresa estudada, visando não somente o tratamento de questões físicas e antropométricas, mas também de caráter organizacional, como pressupõe o estudo da atividade, colaborando com a escolha da abordagem adotada nesta dissertação.

A partir da insuficiente aplicação da ergonomia nos projetos da empresa, das indicações obtidas nas entrevistas e no estudo do referido levantamento ergonômico, foram levantadas sugestões de setores de uma plataforma produtiva para aplicações de novos estudos ergonômicos.

As sugestões e suas justificativas são apresentadas a seguir:

- Operação da área de processos (manifold, desidratação ou separação de óleo, etc.) referenciando o deslocamento necessário para o operador realizar o trabalho. Esta sugestão se justifica pela maior concentração de equipamentos, riscos ao trabalhador e à

unidade, assim como os equipamentos mais críticos, encontrada na área de processos de uma plataforma marítima.

- Operação da Sala de bombas por representar um trabalho em ambiente de risco, com confinamento e de espaço reduzido.
- Operação da movimentação de cargas por possuir problemas de espaço para apoio a embarcações de suprimentos e incluir manuseio de cargas na grande maioria de suas atividades.
- Operação da Sala de Controle por possuir o controle remoto de diversos equipamentos da unidade produtiva e ser habitado em tempo integral.

A operação da área de processos escolhida para ser analisada nesta pesquisa, devido às sugestões anteriores e à ausência de estudos ergonômicos sobre tal setor.

Uma vez escolhida a área de processos, foi estabelecido que a equipe de operadores de Produção seria o objeto desta pesquisa, visto que suas funções se relacionam diretamente com a produção de petróleo e gás da instalação produtiva analisada, que por sua vez é a razão de ser da plataforma. As demais equipes, ainda que de suma importância para a produção, não se relacionam diretamente com ela, e sim através de sistemas de apoio ou fornecimento de fluídos e energia para funcionamento de equipamentos.

III.1.1 Definição da plataforma a ser pesquisada e visitas realizadas

Considerando que os objetivos da pesquisa, foi necessário escolher, dentre as plataformas da empresa, a mais adequada ao estudo.

Para esta seleção foram analisados aspectos como modernidade das instalações, capacidade de produção, tipos de produtos produzidos, contemporaneidade de projeto, similaridade aos projetos atuais da empresa e disponibilidade de vagas nas plataformas consideradas.

Assim, foi escolhida uma plataforma mono-casco, de projeto recente, com capacidade de produção destacável perante suas similares da empresa, semelhante aos projetos atuais, com disponibilidade de vagas e com interesse do gerente em desenvolver um estudo ergonômico para uso futuro. Para realização da pesquisa de campo foram programadas duas visitas à referida plataforma.

A primeira visita foi realizada no período de 05 a 08 de janeiro de 2006, resultando na escolha do cargo de operação a ser analisado, na descrição de suas tarefas, rotinas de trabalho, em observações abertas da atividade destes e na identificação de situações típicas de trabalho.

A segunda visita se deu de 30 de março a 03 de abril, tendo como objetivo realizar observações sistemáticas de situações típicas de trabalho do tipo de operador escolhido, procurando relacioná-las às investigações propostas como objetivo desta pesquisa.

III.1.2 Escolha do cargo de operação a ser analisado

Na primeira visita, durante os três dias de permanência na plataforma, a análise foi desenvolvida através de entrevistas rápidas com os cargos de chefias, leitura de documentos complementares e levantamentos sobre aspectos de trabalho dos diferentes operadores de produção. Durante esta etapa, foi determinado o operador cujo trabalho permitisse melhor observar os aspectos operacionais relacionados aos objetivos desta pesquisa.

Segundo as análises preliminares, os operadores P4 e P5 estavam finalizando o comissionamento e preparando a partida de um moto-compressor (módulos de compressão). Tais tarefas não são representativas de seu cotidiano de trabalho por serem realizadas somente no início da operação da planta e não durante o restante de sua vida útil. Assim, estes operadores não estavam realizando suas tarefas cotidianas, impossibilitando a observação das dificuldades mais frequentes de sua atividade e, portanto, com mais influência em suas condições de trabalho.

O operador P1 localiza-se na sala de controle da plataforma, fora da planta de processo e, portanto, fora do objetivo desta pesquisa. Os técnicos de laboratório e de produtos químicos também não se relacionam diretamente com a planta de processo, portanto não foram escolhidos para a análise ergonômica.

Em rápidas conversas com a gerência da plataforma e com o coordenador da produção foi informada a maior quantidade de trabalho do cargo P3, em comparação ao cargo P2, cujos equipamentos estavam gerando poucas intervenções imprevistas. Considerando ainda que a plataforma ainda não produz água juntamente com o petróleo extraído, alguns processos sob responsabilidade do operador P2 ainda não estão em operação efetiva.

Com base nos aspectos levantados, foi escolhido o operador P3 como o cargo de operação objeto desta pesquisa, sendo realizada a listagem e análise de suas tarefas.

III.1.3 Abordagem ao operador P3

Após esta fase inicial foi realizada a apresentação aos operadores da planta de processo, por intermédio do coordenador da equipe de produção, e o início das observações. Devido ao ritmo acelerado e à longa duração da jornada de trabalho, não foram possíveis reuniões com operadores, assim os diálogos foram desenvolvidos durante a própria execução de suas tarefas.

A observação aberta e as entrevistas com os operadores, permitiram definir como objeto das observações sistemáticas, as tarefas de limpeza e desobstrução das linhas de produção de petróleo e de teste de vazamento na Unidade Hidráulica dos poços.

A primeira foi selecionada por exigir esforço físico, no manuseio de válvulas e no deslocamento pelos níveis do módulo, preparação anterior, atenção para evitar imprevistos que possam causar perdas de produção e acidentes com riscos de morte ao operador, pela

elevada pressão de funcionamento do equipamento e baixa confiabilidade dos instrumentos de leitura, e por ser realizada com uma frequência elevada.

A escolha da tarefa de limpeza e desobstrução das linhas de produção de petróleo procura destacar os constrangimentos impostos pelo arranjo físico, pelas elevadas pressões e indicadores informais na atividade do trabalhador, bem como encontrar indícios do uso de sua experiência profissional em tomadas de decisões procurando manter integrado este ambiente operacional para garantir seu funcionamento dentro do desejado pela organização.

A tarefa de teste de vazamento nas linhas da Unidade Hidráulica se justifica pela frequência elevada de interações do operador analisado neste equipamento, pela necessidade de conhecimento sobre os demais equipamentos a ele associados e de comunicação com a Sala de Controle (operador P1) durante a investigação do vazamento.

Esta escolha procura analisar a influência de decisões de projeto que consideram de maneira insuficiente a variabilidade do ambiente de funcionamento da instalação, exigindo do operador o uso de um equipamento com problemas de adaptação às variabilidades existentes no ambiente operacional e, obrigatoriamente, utilizando-se de um prévio conhecimento sobre a Unidade Hidráulica e os demais equipamentos e tubulações a ela associados. Outro aspecto passível de investigação nesta atividade é o caráter coletivo do trabalho dos operadores.

Após a realização das observações da atividade de trabalho dos referidos operadores, os dados obtidos foram compilados e discutidos à luz dos objetivos desta pesquisa, constituindo-se em subsídios para as conclusões apresentadas ao final da dissertação.

IV Pesquisa de campo

Uma vez definido o estudo de caso como o método de pesquisa a ser adotado, este capítulo apresenta o campo de pesquisa utilizado, a análise ergonômica desenvolvida e seus resultados.

IV.1 Apresentando o campo de pesquisa

Atualmente, a empresa estudada produz cerca de 2 milhões bpd (barris de petróleo por dia), quantidade próxima das necessidades do mercado brasileiro, através de seus poços produtores, dos quais 665 são marítimos, divididos entre suas 26 plataformas flutuantes e 72 fixas.

Dentre o universo acima apresentado, o estudo de caso desta pesquisa se desenvolve numa plataforma flutuante, do tipo *FPSO (Floating Production Storage Offloading - Flutuação, Produção, Estocagem e Transferência)*, em operação desde o início de 2005, com 337m de comprimento, lâmina d'água de 800m, 18 poços produtores, 11 poços injetores, capacidade de produção de 150.000 bpd e 6.000 m³/dia de gás natural, além de estocagem disponível para 1,6 milhão de barris de petróleo.

Esta plataforma é do tipo monocasco, com seus equipamentos de produção alocados sobre o convés de um casco de navio, cujos tanques são utilizados para armazenamento intermediário do petróleo produzido. Sua construção envolveu a conversão de um navio petroleiro de grande porte (VLCC - “*Very Large Cruel Oil*”), cujo convés foi reformado para receber os equipamentos de processo, e os tanques para armazenarem petróleo durante os 25 (vinte e cinco) anos de vida útil da plataforma.

Seus equipamentos de processo são distribuídos pelo casco em módulos, permitindo a construção simultânea de seus diferentes equipamentos, com o objetivo de obter redução de prazos e otimização de fluxo de caixa do projeto.

Na distribuição modular, o convés da plataforma é dividido em áreas reservadas a cada módulo, incluindo os equipamentos de produção (retirada de petróleo e gás do poço), tratamento e exportação, as necessidades de apoio aos equipamentos e aos trabalhadores além de escritórios e habitações.

Este tipo de distribuição dos equipamentos resulta numa planta de processo verticalizada, com módulos de produção que chegam a atingir 20m de altura. Por consequência, ocorre também a verticalização da distribuição física dos equipamentos de processo e a dispersão geográfica dos pontos de intervenções de seus operadores.

A seguir é apresentado um esquema simplificado de uma vista superior do arranjo físico da plataforma em questão, com relação à área reservada a cada um de seus módulos e uma breve explicação sobre a função principal de cada um deles.

Identificação do módulo	Nome do módulo
M01 A / B	Separação
M02 A	Manifolds
M02 B	Compressão
M03 A	Manifolds
M03 B	Compressão
M04 A	Utilidades
M04 B	Tratamento de Gás
M05 A / B	Geração
M06	Painéis Elétricos
M07	Pipe-rack (tubulação de interligação)
Tocha	Queima de gás residual
Movimentação de Cargas	
Acomodações e Escritórios	

Tabela 6 – Relação de módulos da plataforma analisada – fonte: autoria própria

M01 A/B – separação de petróleo em água, óleo e gás.

M02 A e M03 A – uniformização dos fluxos do petróleo extraído de diversos poços, transformando-os em um único fluxo adequado aos equipamentos de separação e tratamento. A mesma uniformização de fluxos é feita com o gás exportado e a água ou o gás injetados nos poços.

M02 B e M03 B – compressão do gás separado do petróleo produzido, adequando-o à exportação pela malha de dutos.

M04 A – fornecimento de facilidades como ventilação, ar-condicionado, refrigeração, água potável e água de combate a incêndio a toda a plataforma.

M04 B – tratamento e desidratação do gás produzido antes de sua exportação.

M05 A/B – geração de energia elétrica necessária a toda a plataforma a partir de parte do gás produzido.

M06 – distribuição da energia gerada no módulo acima para todos os locais da plataforma através de painéis elétricos de distribuição.

M07 – tubulação de interligação entre todos os módulos da plataforma conforme necessidade de fluxo de insumos, energia ou facilidades.

Movimentação de Cargas – espaço dedicado ao recebimento e acomodação de cargas como peças pesadas e produtos para alimentação e higiene.

Acomodações e Escritórios – prédios destinados à permanência dos trabalhadores durante o trabalho administrativo, o descanso e os horários de alimentação. Contêm escritórios, hospital, refeitório e itens como sala de TV, de jogos e demais áreas de vivência.

IV.2 Análise Ergonômica na P-43

Uma vez apresentado o campo de pesquisa onde se realiza o estudo, este tópico descreve a análise ergonômica efetuada na plataforma escolhida para tal.

Desta forma, segue-se uma descrição do organograma da plataforma e de seu quadro efetivo de operadores, da equipe objeto da AET, da distribuição de responsabilidades pelos respectivos sistemas e equipamentos da planta e a análise das tarefas e da atividade de trabalho do cargo escolhido.

IV.2.1 Organograma da P-43

O quadro de trabalhadores da P-43, representado pelo organograma acima, é composto pelo Gerente da Plataforma (GEPLAT), cargos de apoio gerencial ou técnico e os cargos de operação. Na figura acima não estão representados os trabalhadores de empreiteiras, com embarque esporádico como pintura, serviços elétricos e demais mantenedores.

Os cargos de operação se dividem em quatro grupos conforme sua função. A equipe de operadores de Produção é responsável por atividades diretamente ligadas aos equipamentos de extração e tratamento de óleo e gás. A equipe de Embarcação é responsável por atividades relacionadas à estabilidade da embarcação no oceano. A equipe de Facilidades cuida do fornecimento de energia elétrica, ventilação, ar-condicionado, refrigeração, água potável, água de combate a incêndio, demais sistemas de segurança e itens fornecidos a toda a

plataforma como condição básica de segurança, de presença humana e de funcionamento de sistemas hidráulicos. Por fim, a equipe de Manutenção se responsabiliza pelas tarefas de manutenção em todos os equipamentos mecânicos, elétricos, de instrumentação e hidráulicos da plataforma.

Cada uma destas equipes é coordenada por um responsável que, conforme sua área de atuação, é denominado Coordenador de Embarcação (COEMB), Coordenador de Produção (COPROD), Coordenador de Facilidades (COFAC) e Coordenador de Manutenção (COMAN), respondendo diretamente ao GEPLAT.

Todos os cargos de operação funcionam em tempo integral, através do revezamento em dois turnos de doze horas (7h às 19h – diurno - e 19h às 7h - noturno). Durante o período embarcado, cada operador trabalha os sete primeiros dias no período diurno e os restantes no período noturno. Há um rodízio de trabalhadores na plataforma, de maneira que cada uma das equipes acima citadas permanece embarcada 14 dias, tendo direito a 21 dias de folga. Para possibilitar este revezamento, a operação da plataforma possui cinco efetivos para cada uma destas equipes.

Conforme descrito no capítulo anterior, a análise ergonômica será centrada na equipe de operadores de Produção, por sua relação direta com a produção de óleo e gás desta plataforma.

IV.2.2 Equipe de operadores de Produção

A equipe de Produção é responsável pelas tarefas diretamente relacionadas à retirada do petróleo dos reservatórios via poços produtores e seu tratamento. O COPROD é responsável pela chefia desta equipe, coordenando o cadastramento de procedimentos para a realização de processos críticos num sistema de informação específico para tal, emissão e coordenação de Permissões de Trabalho (PT) em equipamentos e sistemas sob sua responsabilidade,

acompanhamento de serviços de outras coordenações relacionados sob sua responsabilidade, participação na elaboração do plano de manutenção da unidade, cadastramento de novas tarefas, coordenação a respeito da documentação dos processos e tarefas realizados, fechamento dos poços, preocupação constante com a segurança e coordenação dos *set-points* dos equipamentos (configurações de equilíbrio para bom funcionamento).

A supervisão da equipe é realizada pelo SUPROD (Supervisor de Produção), que responde diretamente ao COPROD e se responsabiliza pela garantia do respeito aos procedimentos estabelecidos durante a operação dos equipamentos e sistemas, pela supervisão dos testes de produção e injeção, assim como medições e amostragens para análise de óleo e gás.

A equipe de Produção é composta por 9 trabalhadores em cada turno. São eles:

(cargo de operação – quantidade de trabalhadores)

- SUPROD – 1 supervisor
- Operador P1 – 2 trabalhadores
- Operador P2 – 1 trabalhador
- Operador P3 – 1 trabalhador
- Operador P4 – 1 trabalhador
- Operador P5 – 1 trabalhador
- Técnico de Laboratório – 1 técnico
- Operador de Produtos Químicos – 1 operador de produto químico

Exceto os dois últimos, os demais cargos são responsáveis pelo funcionamento de sistemas da planta de processo conforme veremos mais adiante.

A divisão do trabalho na plataforma se dá através da determinação de cargos responsáveis por processos. Assim, a equipe de Produção é responsável pelos processos de produção de óleo; elevação artificial; importação e exportação; produção de gás; tratamento de efluentes da produção; medição; injeção química; água de injeção e monitoramento e controle da operação.

Internamente à equipe, cada processo é dividido em diferentes sistemas, e cada sistema é dividido em equipamentos críticos. A partir desta fragmentação, cada operador se responsabiliza pela operação e monitoramento de determinados equipamentos, conforme sua localização na planta em relação à sua área de responsabilidade, do operador.

Assim, a tabela a seguir relaciona os equipamentos sob responsabilidade de cada operador, definindo seus respectivos processo e sistema.

POSTO DE TRABALHO	Local	PROCESSO	SISTEMAS	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS
Operador P-1	Sala de Controle	Produção de Óleo	Poço	Árvore de natal
		Monitoração e Controle da Operação	Deteccção de Fogo e Gás	Detectores de UV, gás, fumaça, plug fusível
Operador P-2	M01 A/B	Produção de Óleo	Processamento de Óleo e Gás	Separadores de Produção/Teste, Separador Atmosférico e Resfriador de Óleo
			Bombas do Separador de Teste	
			Tratamento de Óleo	Desidratador de Óleo
			Tocha	Vasos da Tocha de Alta/Baixa e Bombas do Vasos
		Tratamento de Efluentes da Produção		Painel de ignição da Tocha
				Válvulas de Estagiamento da Tocha
		Medição	Medição de Óleo	Bateria de GLP
		Produção de Gás	Medição de Gás	Hidrociclones, Flotadores
Operador P-3	M02 A	Injeção Química	Alívio (Despressurização)	Estação de Medição, Medidores Multifásicos, Medidor de Teste
				Medição de Gás Queimado
				BDVs e Linhas
				Tanques de Desemulsificante, Bombas, Painel IRCD
	M03 A	Produção de Óleo	injeção Química no Óleo	Tanques de Anti-espumante, Bombas, Painel IRCD
			injeção Química no Gás	Tanques de Anti-encrustante, Bombas, Painel IRCD
			injeção Química na Água Oleosa	Tanques de Inibidor de Hidrato, Bombas, Painel IRCD
			injeção Química na Água de Injeção	Tanques de Inibidor de Corrosão, Bombas, Painel IRCD
	M02 A e M03 A	Importação/Exportação	Tanques de Inversor de Emulsão, Bombas, Painel IRCD	
			Poço	Tanques de Biocida, Bombas, Painel IRCD
			Processamento de Óleo e Gás	Tanques de Seqüestrante de O2, Bombas, Painel IRCD
			Elevação Artificial	Tanques de Biodispersante, Bombas, Painel IRCD
	M02 A e M03 A	Produção de Gás	Medição	Unidade hidráulica dos poços (HPU e Painéis)
			Medição de Gás	Bomba de Serviço e Tanque
Operador P-4	M04 B	Produção de Óleo	Escoamento de Gás	Pré-aquecedores/Aquecedores de Produção e Teste
			Coleta	Manifold de Gás Lift e Header de Kick-off
	M02 B e M03 B	Produção de Gás	Medição de Gás	Medição de Exportação
			Medição de Gás	Medição de Gás Lift
	M05 A/B	Produção de Gás	Medição de Gás	Medição de Gás Combustível
		Produção de Gás	Medição de Gás	Medição de Gás Combustível
	M02 B, M03 B, M04 B e M05 A/B	Produção de Gás	Processamento de Óleo e Gás	Medição de Gás Combustível
		Produção de Gás	Processamento de Óleo e Gás	Medição de Gás Combustível
	M02 B, M03 B, M04 B e M05 A/B	Produção de Gás	Gás Combustível	Vaso de Gás Separado
		Produção de Gás	Tratamento de Gás	Scrubbers, Aquecedores
Operador P-5	M02 A e M03 A	Importação/Exportação	Compressão de Gás	Torre de Desidratação de Gás e Regeneração de Glicol
		Produção de Gás	Compressão de Gás	Moto Compressores, Scrubbers e Resfriadores
	*	Produção de Gás	Compressão de Gás	Compressor de Recuperação de Vapor, Scrubbers e Aquecedores
		Produção de Gás	Compressão de Gás	VSDs e respectivas salas e periféricos
	M02 B, M03 B, M04 B e M05 A/B	Produção de Gás	Sistema de Alívio (Despressurização)	BDVs e Linhas
		Produção de Gás	Sistema de Alívio (Despressurização)	BDVs e Linhas
	M02 A	Injeção Química	Tratamento de Água Produzida	Tanque de Água Produzida
		Injeção Química	Tratamento de Água Produzida	Tanque de Água Produzida
	M01 A/B	Água de Injeção	Drenagem (Aberta e Fechada)	Slop Vessel e Linhas
		Água de Injeção	Drenagem (Aberta e Fechada)	Tanque de Drenagem Aberta e Linhas
Operador P-6 (Analista)	Escritórios	Produção de Óleo	Abastecimento de Produtos Químicos	Bombas, Linhas e Lava Olhos
			Água para Injeção	Desareadora, Filtros e Bombas

Tabela 7 – Divisão de trabalho entre os operadores da equipe de Produção – fonte: empresa analisada (modificada pelo autor)

Assim, o esquema abaixo representa a distribuição da equipe de operadores de produção pela planta de processos.

IV.2.3 O cargo de operador P3 e suas tarefas

Segundo os registros fornecidos pela empresa considerada neste estudo de caso, o cargo de operador não possui atribuições diferenciadas conforme o tipo de operação realizada (manutenção, embarcação, produção ou facilidades).

Assim, de acordo com as informações obtidas junto ao banco de dados de Recursos Humanos da empresa, as atribuições principais dos operadores são definidas sem diferenciações em relação aos sistemas ou equipamentos pelos quais cada tipo de operador se responsabiliza.

Portanto, o operador tem como tarefas a programação, orientação técnica e operação das instalações e equipamentos dentro dos padrões técnicos estabelecidos e das normas operacionais; instalação de equipamentos, dispositivos e sistemas em geral, assim como execução de testes e verificações de suas condições; preenchimento de boletins e formulários; análise e elaboração de relatórios e gráficos, identificação e correção de irregularidades, além da atualização de bancos de dados; participação nas análises de ocorrências anormais,

propondo ações corretivas; análise e aprovação de manuais e relatórios técnicos; participação na elaboração de especificações de equipamentos e materiais; fornecimento de parecer técnico e execução de análise e sugestões para otimização das operações; e análise global dos resultados operacionais.

São apontadas como atribuições complementares a coleta de amostras e a realização de análises que não exijam certificados; execução e acompanhamento de serviços de manutenção corretiva, preditiva e preventiva em equipamentos e instalações; treinamento de operadores nos diferentes postos de trabalho; e assessoria no cumprimento dos programas de manutenção, fornecendo instruções e recomendações de caráter operacional.

Como estas atribuições não diferenciam os diversos equipamentos da planta, é necessário que a própria gestão da plataforma detalhe o quadro de tarefas de seus operadores. Com este objetivo são considerados os equipamentos sob responsabilidade de cada operador e definidos 6 (seis) grupos de tarefas, denominados macro-tarefa: Operação; Programação da Operação; Acompanhamento e Verificação das Condições do Equipamento; Limpeza; Manutenção Simples; e Acompanhamento de Manutenção Realizada por Especialista.

As tarefas agrupadas na macro-tarefa de Operação correspondem à utilização dos equipamentos executando suas funções previstas em relação aos processos da plataforma. As tarefas agrupadas como Programação da Operação devem ser realizadas visando gerir a disponibilidade dos equipamentos conforme sua necessidade de operação, que pode ser contínua ou intermitente, conforme o tipo de equipamento.

A macro-tarefa de Acompanhamento e Verificação das Condições do Equipamento reúne tarefas de testes, verificações e inspeções, realizadas com a finalidade de conhecer as condições dos equipamentos, requisitando manutenção conforme necessário, e garantir seu funcionamento satisfatório.

A macro-tarefa Limpeza representa a obrigação do operador em manter limpas as áreas dos equipamentos sob sua responsabilidade. A Manutenção Simples reúne tarefas de reparos a serem realizados pelo próprio operador, conforme a identificação da necessidade e da possibilidade de solução do problema sem a participação de um mantenedor especializado.

Por fim, a macro-tarefa Acompanhamento de Manutenção por Especialista representa as tarefas relacionadas à autorização, monitoramento, inspeção e aceitação de serviço de manutenção realizado por mantenedor especialista.

Uma vez descritas as macro-tarefas e as atribuições do cargo de operador, a tabela 4 resume os equipamentos sob responsabilidade do operador P3, relacionando-os aos sistemas e equipamentos componentes de cada sistema.

Seguindo a apresentação dos equipamentos sob responsabilidade do operador P3, são apresentadas as tarefas previstas para execução em cada equipamento, procurando definir o quadro de tarefas do operador analisado.

Para melhor compreensão do funcionamento de cada equipamento, o anexo C apresenta esquemas simplificados sobre o funcionamento dos equipamentos operados pelo trabalhador.

PROCESSO	SISTEMAS	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS	MACRO-TAREFAS
Produção de Óleo	Poço	Unidade hidráulica dos poços (HPU e Painéis) Bomba de Serviço e Tanque	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operação 2. Programação da operação 3. Verificação e teste das condições do equipamento 4. Limpeza 5. Manutenção de 1º e 2º escalão (preventiva, preditiva e corretiva) 6. Acompanhamento da manutenção de 3º escalão
Elevação Artificial	Elevação	Manifold de Gás Lift e Header de Kick-off	
Exportação/Importação	Coleta	Manifold de Produção e Teste Lançadores e Recebedores de Pig	
		Escoamento de Gás Lançador de pig	
Produção de Gás	Compressão de Gás	Válvulas de Controle de Pressão de Descarga dos MCs	
	Alívio (Despressurização)	BDVs e Linhas	
Medição	Medição de Gás	Medição de Exportação Medição de Gás Lift	
Injeção Química	Injeção Química no Óleo	Tanques de Desemulsificante, Bombas, Painel IRCD Tanques de Anti-espumante, Bombas, Painel IRCD Tanques de Anti-incrustante, Bombas, Painel IRCD	
	Injeção Química no Gás	Tanques de Inibidor de Hidrato, Bombas, Painel IRCD Tanques de Inibidor de Corrosão, Bombas, Painel IRCD	
	Injeção Química na Água Oleosa	Tanques de Inversor de Emulsão, Bombas, Painel IRCD	
	Injeção Química na Água de Injeção	Tanques de Biocida, Bombas, Painel IRCD Tanques de Seqüestrante de O ₂ , Bombas, Painel IRCD Tanques de Biodispersante, Bombas, Painel IRCD	
Geral	Geral	Geral	Permissão de Trabalho

Tabela 8 – Processos, sistemas e equipamentos sob responsabilidade do operador P3 – fonte: empresa analisada (modificada pelo autor)

IV.2.3.1 Unidade Hidráulica dos Poços

Macro-tarefa	Tarefa
Operação	1. Recirculação do fluido do tanque de retorno 2. Recirculação do fluido do tanque de suprimento 3. Transferência de fluido do tanque de retorno para o tanque de suprimento 4. Restabelecimento do alinhamento da bomba pneumática e respectiva alimentação
Verificação e teste das condições do equipamento	5. Teste de vazamento nas linhas 6. Verificação da alimentação e alinhamento da bomba pneumática 7. Verificação das condições gerais de funcionamento da HPU
Manutenção de 1º e 2º escalão (preventiva, preditiva e corretiva)	8. Resolução de problema identificado na verificação das condições da HPU

Tabela 5 – Tarefas realizadas na HPU – fonte: autoria própria

1. Recirculação do fluido do tanque de retorno: a recirculação é feita por solicitação do operador P5, após o abastecimento de fluido no tanque de retorno. Esta tarefa implica no alinhamento correto das válvulas do equipamento e na partida da bomba elétrica de recirculação do fluido hidráulico, presente no tanque de retorno. Tal recirculação garante a passagem do fluido pelos filtros, devendo ser realizada até a confirmação, pelo técnico de laboratório, do alcance da especificação de pureza necessária.
2. Recirculação do fluido do tanque de suprimento: análogo à tarefa anterior.

3. Transferência de fluido do tanque de retorno para tanque de suprimento: a transferência é feita após autorização do técnico de laboratório, conforme o alcance da especificação de pureza, ou solicitação do operador P1 devido ao baixo nível do tanque de suprimento. Sua execução demanda o alinhamento correto das válvulas e a partida da bomba elétrica utilizada para a transferência.
4. Restabelecimento do alinhamento da bomba pneumática e respectiva alimentação: o restabelecimento do alinhamento da bomba pneumática é realizado após constatação de alinhamento incorreto, exigindo o restabelecimento do alinhamento correto das respectivas válvulas, garantindo o fornecimento da pressão necessária pela bomba pneumática, e a informação ao operador P1 sobre o correto alinhamento.
5. Teste de vazamento nas linhas: esta tarefa é executada por solicitação do operador P1, devido a suspeita de vazamento de fluido hidráulico. Sua realização implica no bloqueio de tubulações com suspeita de vazamento e a comunicação deste bloqueio ao operador P1. A identificação de vazamento pelo operador P1, após verificação, demanda o isolamento das tubulações para identificação do trecho com vazamento e comunicação do resultado ao SUPROD, em caso de necessidade de manutenção.
6. Verificação de alimentação e alinhamento da bomba pneumática: realizada por solicitação do operador P1, esta tarefa implica na verificação do correto alinhamento das válvulas e tubulações da bomba pneumática, na verificação de sua correta alimentação e funcionamento, assim como na comunicação ao SUPROD em caso de necessidade de manutenção.
7. Verificação das condições gerais de funcionamento da HPU: esta verificação é feita após solicitação do operador P1, devido à pressão hidráulica fora do especificado, implicando na verificação das condições do equipamento quando do retorno da produção de óleo, depois de parada eventual.

8. Resolução de problema identificado na verificação das condições da HPU: após identificação de problema na HPU, solução de problema através de manutenção imediata, implicando em correção de alinhamento ou sua adaptação às condições do equipamento, sendo necessário informar ao SUPROD a necessidade de manutenção por especialista, em caso de impossibilidade de solução do problema.

IV.2.3.2 Bomba de Serviço

Para este equipamentos estão formalizadas somente duas tarefas de operação, descritas a seguir:

9. Alinhamento da bomba de diesel para lançamento de PIG: o alinhamento da bomba de diesel é realizado por solicitação do operador P1, conforme a necessidade de uso do diesel para lançamento de PIG. Sua realização implica no alinhamento do diesel para o tanque da bomba de serviço, no fechamento da passagem de gás lift para o poço produtor, no alinhamento da bomba de serviço para o lançador correspondente, no alinhamento do lançador e na comunicação do fim da operação ao operador P1.
10. Operação e partida da bomba de serviço: esta tarefa é realizada após solicitação de utilização da bomba de serviço. Ela exige do operador P3 a solicitação de abertura das válvulas de sucção e descarga da bomba de serviço ao operador P1, a verificação dos níveis de óleo de selagem, a abertura da válvula da água de refrigeração do equipamento, a calibração da vazão desta água entre valores pré-determinados e o abastecimento do tanque com diesel. Após estas preparações, devem ser realizadas a abertura manual de alavancas de válvulas, a inserção das chaves nos controles dos motores e a partida no equipamento.

IV.2.3.3 Manifold de Gás Lift e Kick-off

Macro-tarefas	Tarefas
Verificação e teste das condições do equipamento	11. Verificação do funcionamento do manifold de Gás Lift
Manutenção de 1º e 2º escalão (preventiva, preditiva e corretiva)	12. Resolução de problema identificado no funcionamento do manifold de Gás Lift

Tabela 6 – Tarefas realizadas no Manifold de Gás Lift e Kick-off – fonte: autoria própria

11. Verificação do funcionamento do manifold de Gás Lift: esta verificação é executada por solicitação do operador P1, demandando a verificação de existência de anormalidade no funcionamento do manifold.

12. Resolução de problema identificado no funcionamento do manifold de Gás Lift: a realização desta tarefa ocorre após a identificação de anormalidade, implicando na verificação da possibilidade de resolução da referida anormalidade e comunicação da situação ao operador P1.

IV.2.3.4 Manifold de produção e teste

Para este equipamento, apenas uma tarefa de operação é formalizada, conforme descrito a seguir:

13. Coleta de amostras de óleo para análise de teor de areia, BSW e salinidade: a coleta de amostras é realizada por solicitação do operador P1 ou do SUPROD. Sua execução demanda a coleta de amostras de óleo e seu encaminhamento para análise no laboratório.

IV.2.3.5 Lançadores e Recebedores de PIG (do sistema de coleta)

Para os lançadores e recebedores de PIG, apenas a tarefa de limpeza e desobstrução das linhas de produção de petróleo, aqui denominada passagem de PIG nas linhas de produção, relativa à macro-tarefa de operação, é prescrita pela organização. Sua descrição é apresentada a seguir:

14. Passagem de PIG nas linhas de produção: a passagem de PIG é realizada por solicitação do operador P1. Sua execução exige do operador P3 disponibilização do PIG; abertura do Lançador de PIG (LP); inserção do PIG no lançador; fechamento do LP; preparação da câmara recebedora e verificação da presença da cesta recebedora; espera por redução de vazão de Gás Lift; lançamento do PIG; confirmação do lançamento; confirmação de retorno do PIG através de alinhamento correto das retiradas do PIG do RP, drenagem do RP, abertura do RP, conferência da presença do PIG no interior do RP; retirada do PIG e informação de suas condições de chegada ao SUPROD e ao operador P1. A utilização do diesel para o lançamento, implica no alinhamento da bomba de diesel para lançamento de PIG (tarefa 9) e na operação e partida da bomba de serviço, conforme descrito anteriormente.

IV.2.3.6 Lançadores de PIG (do sistema de escoamento de gás)

Nos lançadores de PIG do sistema de escoamento de gás, somente a tarefa de passagem de PIG no gasoduto é prescrita pela empresa. Esta tarefa é aqui classificada como pertencente à macro-tarefa de operação e descrita abaixo:

15. Passagem de PIG no gasoduto: esta tarefa é análoga à anterior, porém não contém a etapa de recebimento, pois o PIG é lançado pela tubulação até outra plataforma, que realiza seu recebimento.

IV.2.3.7 Tanques de Desemulsificante, Anti-espumante, Anti-incrustante, respectivas bombas e painéis IRCD

Para os tanques de desemulsificante, anti-espumante e anti-encrustante, é prescrita a tarefa, relativa à operação, de teste de injetividade e ajuste de vazão de produto químico no óleo, descrita abaixo:

16. Teste de injetividade e ajuste de vazão de produto químico no óleo: a realização desta tarefa demanda o cálculo da vazão, a verificação do alinhamento da saída dos tanques, o alinhamento dos pontos de injeção necessários e o ajuste da vazão requerida através do IRCD.

IV.2.3.8 Tanques de Inibidor de Hidrato e Inibidor de Corrosão, respectivas bombas e painéis IRCD

Para os tanques de inibidor de hidrato e de corrosão, apenas a tarefa de partida da bomba de injeção de álcool, relativa à macro-tarefa de operação, é formalizada pela empresa. Sua descrição é apresentada a seguir:

17. Partida da bomba de injeção de álcool: a partida da bomba de injeção de álcool implica no alinhamento e partida da bomba para injeção dos inibidores no sistema de tratamento de gás, com a vazão solicitada pelo operador P1.

IV.2.3.9 Permissão de trabalho (PT)

Esta é uma tarefa geral, que se relaciona com a realização de manutenções por terceiros, em qualquer equipamento sob a responsabilidade do operador. A seguir é apresentada uma breve descrição de sua prescrição fornecida pela empresa:

18. Emissão de Permissão de Trabalho (PTs): a Emissão de PT é realizada por solicitação do executor do serviço, demandando ao operador a utilização dos documentos de apoio definidos pela empresa, a análise do risco envolvido com a consideração da existência ou não de procedimento específico para a manutenção, o preenchimento do respectivo formulário com o auxílio do executor do trabalho, a utilização dos programas de entrada em equipamentos conforme a necessidade do serviço e o encaminhamento da PT ao Supervisor, emitente da PT.

Alguns equipamentos operados pelo trabalhador analisado não possuem tarefas formalizadas, mas aqueles com tarefas formalizadas nem sempre detalham todos os tipos de macro-tarefas. As tarefas ausentes da lista acima, não estão documentadas em registros disponíveis ao pesquisador. A ausência de prescrições de tarefas reconhecidas pelas chefias foi justificada pela recente inauguração da planta, ainda desenvolvendo registros e formalizações de tarefas. Neste desenvolvimento, são priorizadas as tarefas consideradas críticas pela complexidade ou pela frequência de realização.

Ao serem questionados sobre as tarefas ausentes, os operadores e as chefias, justificaram tal fato pela baixa frequência de intervenções e a simplicidade destas operações. Por outro lado, os operadores entrevistados alegaram ter estudado os equipamentos ainda na fase de construção da plataforma, através da leitura dos manuais e da compreensão dos respectivos funcionamentos.

Após a apresentação das tarefas, é apresentado um dia de trabalho do operador P3, com o objetivo de compreender as características principais do trabalho do operador analisado.

IV.2.4 Um dia de trabalho do operador P3

No início da manhã o operador recebe e verifica a programação de PTs do dia, podendo ser informado pelo operador da noite sobre a necessidade de emissão de uma nova PT para

realização de serviço no mesmo dia ou no próximo, sobre um lançamento de PIG realizado durante a noite, cujo o recebimento se dará durante o dia, e qualquer outra atividade cuja realização tenha se iniciado a noite e se estenda durante o dia.

Esta programação de PTs exige do operador o preenchimento de formulários, na presença do executante do serviço, podendo se estender por toda a manhã, conforme a quantidade e complexidade das PTs programadas. Existem PTs de serviços ainda inéditos para a equipe, exigindo o estudo de plantas e a discussão de possibilidades de ação entre operador, coordenador e mantenedor, podendo envolver também outros operadores e se estender no período da tarde.

Após o recebimento da programação de PTs, o operador executa o preenchimento de seus formulários, procurando permitir a execução do serviço o mais rápido possível. Neste momento, podem existir PTs de serviços ainda não realizados na plataforma, exigindo que operadores e coordenadores estudem desenhos das instalações, procurando criar formas seguras de atuação e selecionando a mais adequada conforme cada caso. As PTs mais complexas podem ter sua atividade de preenchimento estendida até o período da tarde, conforme a necessidade de discussão para definir o modo adequado de liberar o equipamento, suas implicações para o resto da planta e o modo mais adequado de executar o serviço.

Uma vez encaminhadas as PTs, o operador P3 procura verificar a situação da Unidade Hidráulica (HPU) em termos de pressão, vazamento e funcionamento das PSVs. Qualquer anormalidade relevante da HPU é comunicada à chefia via telefone ou correio eletrônico. Este último procurando oficializar o aviso.

Assim como a HPU, todas as demais áreas sob responsabilidade do operador devem ser vistoriadas e suas ocorrências encaminhadas da mesma maneira, destacando o caráter de vigilância presente em seu dia-a-dia de trabalho.

Durante a realização das rondas, ou em outros momentos de proximidade aos equipamentos, é normal que o operador recorra a indicadores informais para avaliar a seu funcionamento. Assim, o operador recorre ao tato, verificando através da temperatura das válvulas, se está havendo passagem de fluido ou não, certificando-se assim do correto funcionamento do dispositivo; ou ao ruído, para identificar problemas de regulação de bombas e demais motores.

Havendo programação de lançamento de PIG com utilização de diesel, por solicitação do COPROD, o operador procura verificar as condições da bomba de serviço para garantir sua partida e funcionamento satisfatório no momento da operação.

Em caso de urgência para a execução de um serviço autorizado por PT, que exija o acompanhamento do operador analisado, esta atividade pode ser priorizada em relação à ronda acima descrita, levando o operador P3 a permanecer junto do mantenedor terceirizado, garantindo a segurança da instalação.

A verificação de vazamento de fluido hidráulico na HPU, também é uma atividade realizada com urgência, conforme solicitação do operador P1. Esta verificação ocorre com frequência no dia-a-dia de trabalho do operador P3, exigindo seu deslocamento até o local e, em algumas situações, sua intervenção manual na válvula que não estiver respondendo ao comando remoto do operador P1, devido ao próprio vazamento.

Outra atividade marcante na rotina do operador é a solução de problemas, em sua maioria relacionados a intervenções, registradas em PTs, que ocasionem algum imprevisto, como vazamento ou parada do maquinário envolvido. Nestas situações, o operador deve estar atento para intervir resguardando as pessoas envolvidas e as instalações.

A rotina do período noturno se difere da diurna, pois não há realização de serviços de PTs. Em contrapartida, costuma ser o horário preferido para operações de PIGs devido à menor

movimentação de pessoas e operações na planta, tornando menor o risco de envolver trabalhadores em acidentes, uma vez que esta é uma operação de risco razoável.

A necessidade de rondas pela área continua no período noturno, possibilitando evitar acidentes e paradas desnecessárias dos equipamentos. Durante tais rondas, em ambos os turnos, o operador realiza a leitura e acompanhamento de parâmetros de processo como pressão, temperatura e vazão.

Com a intenção de completar a descrição de um dia típico de trabalho do operador P3, são apresentados parâmetros relevantes para a pesquisa, observados durante as visitas à plataforma, conforme a tabela a seguir:

Parâmetros	Quantidades / enumeração
Período de observação	14h50min às 17h32min
Tarefas realizadas	Teste de vazamento nas linhas da HPU
	Abertura manual de válvula de injeção de água
	Monitoramento de bomba elétrica da HPU
	Monitoramento de bomba de injeção de álcool
	Acompanhamento e encerramento de PTs
Deslocamento horizontal	850 metros
Deslocamento vertical	20 metros
Quantidade de visitas ao módulo M02A	4
Quantidade de visitas ao módulo M03A	4

Tabela 7 – Resumo de atividades realizadas – fonte: autoria própria

Em aproximadamente três horas de trabalho, o operador P3 realizou cinco tarefas diferentes, percorrendo 850 metros e subindo ao níveis mais elevados dos módulos por 4 vezes. Para realizar tais tarefas, o operador analisado passou por cerca de 8 equipamentos, dispersos pelos 3 níveis de cada módulo (M03 A e M02 A), justificando seus deslocamentos e servindo de evidência de solicitações de atenção para monitoramento de diferentes ações desenvolvidas sob sua responsabilidade.

Após a descrição do dia típico de trabalho do operador analisado, são descritas a seguir duas atividades observadas detalhadamente, procurando levantar constrangimentos e estratégias presentes no trabalho do operador P3.

IV.2.5 Passagem de PIG nas linhas de produção

Esta tarefa foi realizada no último dia da 2ª visita à plataforma. Neste mesmo dia foram realizadas outras tarefas como preenchimento de formulários para PTs, injeção de gás em linha de produção para início de produção de poço e teste de vazamento de fluido hidráulico.

A realização destas tarefas num único dia, obrigou o operador a realizar diversas interrupções e monitoramentos simultâneos. As tarefas de lançamento de PIG e injeção de gás foram realizadas durante todo o período da jornada de trabalho, intercalando interrupções com a realização das demais tarefas.

O esquema a seguir procura auxiliar a compreensão do arranjo físico do local de realização desta atividade em termos de verticalização e dispersão de equipamentos.

O lançador de PIG se encontra no 1º nível do módulo, enquanto as válvulas acionadas para realizar o *by-pass* das PSVs se encontram acessíveis a partir da passarela 2, alcançada por uma escada vertical (“quebra-peito”) a partir do 2º nível do módulo. O 1º e o 2º nível do módulo são interligados por uma escada convencional.

Antes de ser apresentada a sequência de ações do operador em relação às válvulas da câmara lançadora do PIG, é necessário apresentar um esquema explicativo, facilitando a compreensão de suas manobras. Assim, a figura abaixo, procura identificar as válvulas manuseadas pelo operador P3 durante o lançamento, relacionando-as por números repetidos durante o restante desta descrição.

Ainda que complementares, há um período variável entre a realização do lançamento e do recebimento do PIG, pois este deve transitar por todo o trecho de tubulação antes de retornar à plataforma. Como o lançamento observado foi realizado no último dia da 2^a visita e o recebimento só se deu no dia seguinte, quando o pesquisador já havia desembarcado, não foi possível observar a atividade de recebimento.

Uma vez definida a necessidade de lançamento do PIG para aquele dia de trabalho, o operador verificou as condições do lançador ainda pela manhã enquanto realizava outras atividades, aproveitando sua proximidade ao lançador a ser utilizado.

Esta verificação permitiu ao operador compreender o estado do equipamento naquele momento, com relação ao fluxo de gás, ao alinhamento e às condições de volantes e alavancas

de suas diversas válvulas. Assim, foi possível ao operador assegurar-se das ações a serem desenvolvidas desde o início da realização do lançamento.

Durante o período da tarde o operador iniciou efetivamente a realização do lançamento. Para isto, deslocou-se do abrigo ao lançador e, após verificar o alinhamento de suas válvulas, foi à passarela de PSVs para realizar o *by-pass* e escoar o gás presente na câmara. Como teve dificuldades em abrir tais válvulas, retornou ao abrigo para buscar uma chave “grinfo”.

Uma vez de posse da ferramenta, o operador retornou à passarela de PSVs, realizou a abertura destas válvulas e, após alguns minutos, que considerou suficientes, fechou-as e passou a realizar outras atividades. Este escoamento de gás pelo *by-pass* das PSVs, incluindo o retorno ao Abrigo para buscar a chave “grinfo” teve duração de 20 minutos.

Cerca de 30 minutos depois, ao voltar à atividade de lançamento de PIG após realizar outras ações relacionadas à injeção de gás já em andamento, o operador se encontrava ao redor da câmara lançadora de PIG quando um soldador iniciaria um trabalho próximo. O operador não o autorizou, solicitando que iniciasse o serviço no setor por outro local mais distante desta câmara, procurando evitar distúrbios durante o lançamento do PIG.

Após esta negociação, o operador realizou a drenagem da câmara durante aproximados 15 minutos. Para isto foi necessário utilizar a chave “grinfo” no dreno (7), abrir uma válvula alavanca (6) anterior ao dreno e, por ela, controlar a saída do gás. Após perceber queda na vazão do gás e óleo escoados pelo dreno, abriu uma válvula volante horizontal (8) para permitir a passagem dos fluidos restantes no interior da câmara para o *slop vessel* (tanque de armazenagem de fluidos com hidrocarbonetos drenados de toda a planta, para serem reprocessados). Segundo o operador, esta drenagem anterior à abertura da passagem do fluido restante para o *slop vessel* tem o objetivo de diminuir a pressão no interior da câmara, evitando um impacto forte que possa prejudicar o referido tanque.

É válido também destacar que, para ter acesso a estas três válvulas, foi exigido que o trabalhador assumisse posturas incômodas com flexão de joelhos, tronco e pescoço, além de agachamentos.

Após mais uma interrupção para verificar uma suspeita de vazamento de fluido hidráulico, conforme descrito no item a seguir, o operador retornou ao lançador para abrir a portinhola (9) por onde deve ser introduzido o PIG.

Para abrir a referida portinhola o operador deve assumir posturas incômodas, com flexão e torção de tronco e realizar esforços consideráveis. Após a abertura ainda podia ser visto gás saindo da câmara, ainda que em pequena quantidade.

Com a portinhola aberta, o trabalhador introduziu o PIG com o auxílio de uma vara improvisada, pois não encontrou a adequada. Esta ferramenta permite que o PIG seja posicionado no fundo da câmara lançadora, a jusante da entrada de gás lift, procurando garantir que seja empurrado pelo fluxo de gás a ser transmitido para a tubulação, passando pelo interior desta câmara.

Tendo posicionado o PIG, o operador fechou a portinhola, o dreno, a alavanca e a válvula do *slop vessel*, para garantir que todo o gás injetado na câmara siga unicamente no sentido da tubulação do poço.

Para permitir a entrada do gás na câmara, o operador deve abrir duas válvulas alavancas (4) e (5), posicionadas acima do lançador. A primeira delas foi aberta facilmente, porém a segunda exigiu a abertura de válvulas equalizadoras que, por sua vez, só puderam ser abertas com o auxílio de uma chave “grinfo” pequena. Esta chave menor foi encontrada somente com um trabalhador terceirizado que realizava um trabalho próximo dali.

As válvulas equalizadoras permitem a passagem de gás, com pequena vazão, para jusante da válvula principal, reduzindo o diferencial de pressão e, assim, facilitando a abertura do dispositivo principal.

Durante a abertura da segunda válvula equalizadora, o operador realizou leituras dos instrumentos por três vezes, procurando certificar-se de que a pressão a montante e a jusante das válvulas alavanca estava equalizada. Estando iguais as pressões, a abertura das válvulas foi realizada com facilidade, ainda que a primeira delas tenha exigido que o trabalhador subisse no volante horizontal para ter acesso à alavanca, indicando dificuldade de acesso.

Logo após abrir as válvulas alavancas o operador fechou as equalizadoras e iniciou o alinhamento do receptor do PIG. O alinhamento deve ser feito antes do lançamento, garantindo que o PIG fique retido no receptor e não vá para as tubulações de processo, onde pode provocar parada de produção do poço. Também para garantir que o PIG fique retido, o trabalhador deve se certificar da presença da rede receptora no interior da câmara do receptor, demandando a abertura da portinhola para verificação visual.

De maneira semelhante ao lançador, o alinhamento do receptor se inicia com a abertura do dreno, da válvula alavanca e do volante horizontal. Vale a pena ressaltar que o trabalhador optou por abrir o dreno antes de realizar o *by-pass* das PSVs, evitando novo deslocamento para a passarela referente. Porém, como a válvula alavanca não abriu após repetido esforço do operador, foi necessária sua ida à passarela de PSVs para realizar o *by-pass*. Mesmo após o *by-pass*, a abertura só foi possível quando o operador identificou que esta abria no sentido contrário de sua análoga no lançador.

Já drenada a câmara, foi realizada a abertura da portinhola e constatada a presença da rede receptora. Após a verificação, a portinhola foi fechada novamente. O operador passou então a alinhar as válvulas do receptor para garantir que o óleo produzido do poço passasse pela câmara trazendo o PIG para a rede receptora.

Alinhados o receptor e o lançador, o operador P3 se comunicou via rádio com o operador P1, pedindo a redução da vazão de gás lift injetado no poço, a fim de evitar danos ao PIG, e verificou se já havia sido atendido poucos minutos depois.

Recebendo resposta positiva da Sala de Controle, o trabalhador passou a equalizar a pressão entre a tubulação do poço e a câmara lançadora, abrindo uma válvula alavanca (2) entre a tubulação e a câmara, mas mantendo a segunda válvula (3) ainda fechada. Esta abertura equaliza a pressão a montante e a jusante da segunda válvula alavanca, facilitando sua abertura para o lançamento do PIG.

O lançamento do PIG foi então executado através do fechamento de válvula volante (1), impedindo a passagem do gás diretamente para a linha do poço antes de passar pela câmara. Este fechamento durou cerca de dois minutos e, ao final dele, o operador procurou realizar simultaneamente o fechamento final da válvula volante e a abertura da válvula alavanca (3) para lançar o PIG para a linha do poço.

Após o lançamento o trabalhador avisou sua execução à Sala de Controle, solicitando que fosse verificado o sinal da instrumentação indicando a passagem do PIG pelas tubulações do poço. Segundo o operador P1, o sinal da instrumentação continuava sem indicar a passagem do PIG, porém seu funcionamento é de baixa confiabilidade, auxiliando apenas para aumentar a atenção do operador P3, durante a verificação do lançamento.

Cerca de trinta minutos depois da execução do lançamento, o operador retornou ao lançador para verificar o sucesso da operação. Esta verificação visual obriga o operador a abrir a portinhola (9) novamente. Para abri-la, é necessário abrir a válvula volante (1) para deixar em *by-pass* a câmara lançadora, fechar as válvulas alavancas (2) e (3), próximas a este volante, e ir novamente à passarela realizar o *by-pass* das PSVs e fechá-los após alguns minutos.

Realizado o *by-pass* e o posterior fechamento das PSVs, o trabalhador retornou ao 1º nível do módulo e drenou a câmara de maneira semelhante às duas drenagens anteriores, inclusive em termos de posturas exigidas.

Após abrir a portinhola, constatou que o PIG não havia sido lançado, conseguindo visualizá-lo no fundo da câmara com o auxílio de uma lanterna. Uma vez que o lançamento não havia sido executado, foi necessário realizá-lo novamente. É válido destacar que esta verificação visual solicita posturas incômodas do operador, com flexão e torção de tronco e pescoço.

Assim, o operador procurou posicionar melhor o PIG no fundo do lançador e fechou a portinhola. Para lançar novamente o PIG, voltou a abrir as alavancas (4) e (5), próximas à câmara, fechou o volante (1), que mantinha a câmara em *by-pass*, abrindo simultaneamente a alavanca (3), a jusante do lançador.

Feito o lançamento, o operador voltou a deixar a câmara em *by-pass* através do alinhamento das válvulas envolvidas, visando possibilitar a verificação do lançamento.

Para verificar o lançamento, o trabalhador foi à passarela das PSVs realizar seu *by-pass* e fechá-lo minutos após. Neste alinhamento o operador não demandou o uso de chave “grinfo” para auxiliá-lo.

Tendo retornado ao 1º nível, foi aberto o dreno (7) e as duas válvulas adjacentes (6) e (8), visando garantir pressão nula no interior da câmara a ser aberta para verificação visual do lançamento de PIG. Vale a pena destacar que, durante a abertura do dreno, o operador fechou e tornou a abrir a alavanca (6) por 4 vezes, aguardando dispersar o gás drenado. Isto foi necessário pelo pouco tempo de escoamento do gás via *by-pass* das PSVs, sendo contornado pelo controle e repetição executado pelo operador, que recorreu aos instrumentos da câmara para se certificar de que não havia pressão significativa no seu interior, antes de abrir a portinhola.

Aberta a portinhola (9), o operador verificou visualmente se o PIG permanecia na câmara, tendo a impressão de nova falha no lançamento. Após mais algumas verificações e comunicações pelo rádio com a Sala de Controle, foi constatado que o PIG havia sido lançado, tanto visualmente quanto pelo sensor da tubulação.

Uma das formas de assegurar-se do lançamento foi bater a vara no fundo do câmara, produzindo batidas secas que indicaram a saída do PIG desta posição, garantindo o sucesso na execução do lançamento.

Verificado o sucesso no lançamento, o operador fechou a portinhola e encaminhou-se para o Abrigo após acomodar a vara auxiliar no chão do módulo.

IV.2.5.1 Aspectos da atividade

Em termos gerais, a atividade do trabalhador analisado apresenta solicitações relacionadas a um conhecimento prévio das instalações e a uma representação mental de seu estado momentâneo, além de uma importante exigência física, relacionada aos percursos executados, à atuação manual em válvulas e aos constrangimentos de tempo enfrentados.

No que diz respeito a deslocamentos verticais, os repetidos manuseios necessários em apenas uma única tarefa, como o lançamento de PIG, demandam o uso freqüente de escadas para que se tenha acesso aos dispositivos de interação. Portanto, em um dia de trabalho, o operador pode subir até 16 lances de escada para realizar manobras, totalizando um deslocamento vertical de aproximadamente 80 metros.

Outro aspecto importante deste deslocamento vertical é o tipo de escada utilizada. No caso estudado, para ter acesso ao *by-pass* das PSVs, o trabalhador necessita utilizar uma escada convencional e uma escada “quebra-peito”, menos adaptada ao homem, conforme indicam as foto 1, 2 e 3 do Anexo D. Assim, dentre os 16 lances de escadas citados no parágrafo anterior, 9 foram realizados através de escadas convencionais e 7 por escadas verticais (“quebra-

peito”). O uso quase equivalente destes dois tipos de acessos contraria o pressuposto de projeto, segundo o qual as escadas verticais devem ser instaladas em situações de pouca utilização.

A necessidade de transportar uma chave “grinfo” para os diferentes níveis dos módulos acaba por agravar o constrangimento enfrentado pelos operadores, uma vez que as escadas verticais não prevêm esta situação, exigindo do operador o uso de suas duas mãos durante a subida ou descida, obrigando-o a improvisar uma forma de transportar a ferramenta.

O manuseio de válvulas também se destaca no lançamento de PIG. Num período de quase 4 horas, o operador realizou 45 manuseios de válvulas, entre aberturas e fechamentos. Segundo o registro realizado durante as observações, em 34 dos 45 manuseios, o trabalhador assumiu posturas incômodas, que incluem inclinação, torção e flexão de tronco, torção de pulso, flexão de joelhos, flexão e torção de pescoço, conforme fotos 4, 5, 6, 7 e 8 do Anexo D.

A tabela a seguir é apresentada com o objetivo de demonstrar as solicitações de posturas incômodas em parte da atividade de lançamento de PIG, procurando ressaltar ao leitor a importância deste aspecto.

Período	Ação	Posturas solicitadas				
		Flexão de joelhos	Flexão / torção de tronco	Torção de pulso	Elevação de membros superiores	Torção de pescoço
14h20 às 14h40	Abertura e fechamento de by-pass das PSVs		X	X		
15h11 às 15h15	Manuseio de dreno, alavanca e volante para Slop Vessel	X	X			
15h20 às 15h25	Abertura e fechamento de portinhola e posicionamento do PIG		X			X
15h25 às 15h32	Abertura e fechamento de by-pass das PSVs		X	X		
15h36 às 15h45	Abertura das válvulas alavanca próximas ao lançador		X		X	X
15h45 às 15h50	Manuseio de dreno, alavanca e volante para Slop Vessel	X	X			
15h50 às 16h04	Manuseio das PSVs		X	X		
16h04 às 16h06	Manuseio de dreno, alavanca e volante para Slop Vessel	X	X			
16h06 às 16h10	Abertura da portinhola do recebedor		X			X

Tabela 8 – Solicitação de posturas durante passagem de PIG – fonte: autoria própria

É necessário lembrar que as posturas assumidas pelo trabalhador ao interagir com tais válvulas têm como objetivo permitir o acesso e dar o equilíbrio necessário para realizar o esforço demandado. Desta forma, é necessário interpretá-las não só como fruto da disposição física dos dispositivos, mas também do esforço demandado.

A ferramenta de auxílio, chave “grinfo”, utilizada durante algumas aberturas de válvulas e drenos, é um indicador do esforço necessário nestas ações, agravado pelo diferencial de pressão, pelo porte reduzido do volante utilizado, ou por ambos.

O esforço de manuseio de válvulas não ocorre de maneira isolada dos deslocamentos verticais, pois é comum que seja necessário subir a determinados pisos do módulo para ter acesso às válvulas, como no caso do *by-pass* das PSVs. Logo, em momentos mais intensos de sua atividade em termos de alinhamentos de válvulas, concentram-se também as maiores quantidades de deslocamentos verticais, em decorrência da concentração da quantidade de manobras a serem realizadas e da dispersão dos pontos de interação com o equipamento pelos níveis do módulo.

As duas demandas anteriores de esforços apresentam um caráter acumulativo, segundo o qual, o trabalhador utiliza a escada convencional para alcançar o 2º nível e a escada “quebra-peito” para alcançar a passarela para, uma vez próximo às PSVs, despende energia para manusear válvulas comumente dificultosas. Assim, esta sequência de esforços exigidos representam um pico concentrado de demanda física enfrentada pelo trabalhador.

A fim de evitar o desgaste resultante dos deslocamentos verticais, seguidos de manuseios problemáticos, os operadores utilizam estratégias variadas como pausas para descanso, durante um manuseio difícil e com duração da ordem de alguns minutos, ou entre deslocamentos e manuseios em sequência, assim como programação de ações que reduzam os percursos necessários.

Para diminuir a quantidade de subidas necessárias à passarela de *by-pass*, o operador recorre a duas estratégias. Na primeira, o dreno da câmara é aberto sem o *by-pass* da PSV, controlando a saída do gás através da válvula alavanca, por repetidas vezes, até conseguir uma drenagem considerada suficiente. Esta estratégia propõe uma sequência de ações diferente do procedimento formalizado pela empresa, segundo o qual a abertura do dreno só pode ser feita depois da abertura e fechamento do *by-pass* da PSV, desconsiderando a necessidade de deslocamentos repetidos para cumprir esta sequência de ações.

Na segunda estratégia observada, o operador aguarda o escoamento do gás via *by-pass*, permanecendo lá por alguns minutos, ao invés vez de descer para realizar a leitura do manômetro. Esta leitura é indicada pelo procedimento para garantir pressão nula no interior da câmara lançadora, antes de fechar o referido *by-pass*. Segundo o trabalhador observado, o tempo de espera adotado é suficiente para ocorrer um escoamento satisfatório do gás. Esta segunda estratégia também modifica a sequência de ações prescrita no procedimento fornecido pela empresa, procurando reduzir os deslocamentos e a demanda física de seu trabalho. A espera pelo escoamento do gás do interior do lançador de PIG, motivo de abertura do *by-pass*, também é aproveitada como uma pausa intermediária para recuperação do desgaste físico causado pelo deslocamento vertical seguido de atuação manual.

Desta forma, a verticalização da instalação produtiva, bem como a dispersão das interfaces de comando pela planta, somadas às necessidades de operação dos referidos equipamentos, acabam por colaborar com uma situação de trabalho que exige do operador deslocamentos repetidos entre os diferentes pisos dos módulos, assim como atuações manuais desgastantes, aumentando o constrangimento de esforço físico e tempo da atividade de trabalho analisada.

Se existe uma dispersão dos dispositivos de interação em relação à planta, também há uma característica de posicionamento que pode levar a um acesso difícil. No caso de determinadas válvulas, por exemplo, que necessitam ser próximas às tubulações, o acesso pode ser

dificultado pela posição do dispositivo em termos de altura ou atravancamento, devido ao acúmulo de aparatos num espaço reduzido. As fotos 9, 10 e 11 do anexo D evidenciam esta tendência na atividade observada.

Os mostradores também estão relacionados à recorrente necessidade de verificar a veracidade dos valores indicados, ou seja, após realizar a leitura, usar de estratégias que permitam confirmar os estados das variáveis dos processos. Esta insuficiente confiabilidade dos instrumentos exige tal conferência para evitar riscos aos equipamentos, a planta ou ao próprio trabalhador.

Durante o lançamento de PIG o operador utilizou uma destas estratégias. Após o escoamento do gás pelo *by-pass* das PSVs, o operador abriu o dreno preparando-o para, após a abertura de uma válvula alavanca localizada entre a câmara e o dreno, escoar o óleo ainda presente no lançador. A leitura dos manômetros indicou pressão nula, porém o operador abriu levemente a alavanca, observando o comportamento do óleo drenado para identificar se havia pressão residual no interior da câmara lançadora.

Outro exemplo de adaptação à baixa confiabilidade destes instrumentos é a prescrição da verificação visual do lançamento de PIG, mesmo após indicação positiva do sensor, exigindo nova abertura da câmara lançadora pelo operador P3.

Em termos de planejamento de suas tarefas, o trabalhador segue uma lógica condizente com os objetivos da unidade produtiva. Assim, a prioridade é dada a tarefas que interfiram diretamente na produção em termos quantitativos. Isto significa que, um evento que traga queda de produção será priorizado na programação de ações do operador em relação a eventos sem o mesmo impacto, exigindo a elaboração de uma nova distribuição de atividades em função do tempo.

Em determinado momento, durante o lançamento de PIG observado, o operador foi interpelado por outro trabalhador para direcionar um poço para o trem de teste, permitindo ao laboratório analisar suas características. Porém, a passagem de PIG tem uma relação mais direta com a produção, pois, entre outros efeitos, permite desobstruir as tubulações, permitindo maior vazão e, conseqüentemente, maior produção. Assim, o operador não interrompeu as atividades do lançamento para atender ao pedido, acordando com o solicitante em realizar o direcionamento do poço no dia seguinte.

A freqüente ocorrência de anormalidades, ou a constante necessidade de realização simultânea de atividades, impõe uma série de execuções paralelas, exigindo uma constante reprogramação de sua jornada de trabalho, além do monitoramento de diversas atuações desenvolvidas simultaneamente, conforme gráfico abaixo.

A dificuldade de realização desta reprogramação é acentuada pela impossibilidade de visualização do processo através das telas do sistema de controle remoto utilizado pela Sala de Controle. Esta indisponibilidade de visualização restringe a atuação dos operadores da planta de processo na solução de anormalidades, pois sua participação fica limitada a eventos identificados pelos operadores da Sala de Controle ou por indicadores acessíveis na própria planta.

Estes indicadores encontram-se dispersos e não concentrados como nas telas do sistema informatizados, restringindo sua percepção à presença dos operadores ao redor dos equipamentos onde estejam ocorrendo anormalidades. Assim, a presença e percursos do operador pela planta tornam-se aspectos a serem planejados e monitorados por eles próprios, a fim de otimizarem o funcionamento da planta e seu trabalho.

Tal restrição também funciona como um obstáculo à iniciativa dos operadores, que possuem poucas condições de prever a ocorrência de anormalidades, sendo obrigados a apenas permanecer em prontidão para restabelecerem o funcionamento normal da planta após a solicitação do operador P1, ou a percepção da anormalidade quando próximo ao equipamento. Esta dificuldade está relacionada ao fato de os operadores agirem indiretamente sobre os produtos, observando os efeitos de suas ações externamente aos equipamentos.

Uma estratégia utilizada para amenizar este constrangimento é a realização de um monitoramento da evolução de determinadas atividades da planta, executando rondas com percursos definidos conforme os processos em andamento.

Assim, o operador recorre à sua própria experiência para escolher os percursos e acompanhar o funcionamento de determinados equipamentos, como forma de se antecipar aos apontamentos realizados pelo sistema de controle remoto. Desta maneira, são realizados pequenos ajustes quando necessário, ou solicitada autorização à Sala de Controle para realização de ações mais importantes em determinadas situações ainda não apontadas pelo sistema remoto, ou ainda não percebidas pela Sala de Controle.

IV.2.6 Teste de vazamento nas linhas

O teste de vazamento de fluido hidráulico ocorre no segundo nível do módulo M03A, sendo solicitado pelo operador P1 através do rádio. A realização desta atividade foi observada por

três vezes durante uma visita de três dias à plataforma, evidenciando sua frequência elevada de ocorrência em relação às demais.

A oportunidade aqui descrita, ocorreu no período da tarde, tendo caráter de urgência por relacionar-se diretamente à capacidade de produção de um determinado poço. É válido lembrar que esta urgência fez com que a verificação de vazamento fosse realizada imediatamente, exigindo do trabalhador analisado uma re-programação de tarefas.

Ao realizar o comando remoto de uma válvula injeção de água, o operador da Sala de Controle percebe a não efetivação da manobra, solicitando ao operador observado o teste de vazamento na rede de tubulações que leva o fluido da unidade hidráulica para a referida válvula.

O fluido hidráulico é levado para cada painel por uma única tubulação que se ramifica para alimentar os blocos. Cada painel é formado por determinados blocos compostos por uma série de válvulas do mesmo poço, conforme o esquema abaixo:

Depois de conectada a um bloco, a tubulação se divide em uma para cada válvula presente. Assim, quando há suspeita de vazamento em uma válvula destes painéis, o operador deve localizar o painel e bloco corretos para iniciar a investigação.

Esta investigação é feita isolando-se o bloco, fechando-se todas as válvulas, passando a abrir uma a uma e verificando se há queda de pressão. Ao fazer isto, o operador está garantindo que somente um trecho da tubulação entre o painel e as válvulas esteja recebendo fluido das bombas do 1º nível e influenciando a leitura de pressão dos instrumentos.

Durante as observações de realizações desta tarefa, em uma das oportunidades, a alimentação do bloco todo estava fechada, por necessidade de manutenção. Este fato só foi percebido após a verificação inicial dos trechos isolados, demonstrando que esta investigação segue de um universo reduzido, o trecho de tubulação isolado, para um universo maior, o bloco inteiro ou o painel.

Desta forma, percebendo queda de pressão no bloco, o operador sabe que há vazamento no trecho entre o bloco e a válvula isolada. Uma vez localizado o vazamento fora do trecho referente à válvula acionada por P1, o operador P3 deve mantê-lo fechado, permitindo ao operador P1 atuar na válvula desejada.

Na observação em questão, se fez necessária a atuação manual do operador P3 na válvula de injeção de água, pois foi identificado vazamento em seu trecho de tubulação, impedindo a atuação remota do operador P1.

O ajuste desta válvula assumiu caráter prioritário entre as demais atividades, sendo realizado imediatamente, por interferir diretamente na produção, uma vez que a injeção de água no poço serve para manter a pressão interna do reservatório e garantir a insurgência do petróleo na coluna de produção.

O operador foi diretamente ao abrigo buscar uma chave “grinfo”, pois este tipo de válvula costuma exigir tal ferramenta. A atuação na válvula levou cerca de três minutos e exigiu do operador que se comunicasse com P1 para verificar se o sistema de informação estava sinalizando a abertura da válvula, além de ler o medidor local de vazão por três vezes.

IV.2.6.1 Aspectos da atividade

Conforme registrado na observação sistemática, não é raro que o operador caminhe cerca de 1km (um quilômetro) em apenas metade de sua jornada de trabalho, devido às dimensões da planta, à dispersão dos pontos de interface homem-processo e ao uso de ferramentas auxiliares não disponíveis nas proximidades dos equipamentos.

Durante a atividade de teste de vazamento de fluido hidráulico, o operador deslocou-se do Abrigo à Unidade Hidráulica, onde constatou o vazamento e a necessidade de atuação manual na bomba de injeção, retornando ao Abrigo, para buscar uma chave “grinfo” antes de dirigir-se à referida bomba e realizar sua abertura para, finalmente, devolvê-la no Abrigo. A figura a seguir ilustra os referidos deslocamentos, totalizando uma distância estimada de 460m.

Portanto, a dispersão das interfaces de atuação manual nos equipamentos, assim como a não disponibilidade das ferramentas auxiliares nos locais de uso, ajuda a impor ao trabalhador

deslocamentos horizontais longos e repetidos, aumentando os constrangimentos de tempo presentes em seu trabalho, além da obrigatoriedade em se deslocar ao 2º nível do módulo M03 A, onde se localizam os painéis hidráulicos.

A conjunção da necessidade de realizar percursos longos pela planta, sob constrangimentos de tempo, e a impossibilidade de visualização das telas do sistema remoto de atuação e controle, exigindo a proximidade aos equipamentos para antecipar anormalidades em relação às indicações deste sistema remoto, leva o operador a programar e planejar seus percursos, aproveitando-os para intervir em equipamentos próximos.

Assim, durante o percurso para realizar o teste de vazamento de fluido hidráulico, por exemplo, o operador aproveitou sua passagem pela bomba de injeção de álcool, para perguntar à Sala de Controle se ela poderia ser desligada, obtendo resposta positiva.

Segundo o operador, ao passar pela bomba ligada, ele se lembrou que o equipamento já estava injetando álcool no sistema de tratamento de gás por um período suficiente para reduzir a umidade do produto tratado a níveis satisfatórios, podendo desligar a bomba.

Uma vez na planta de processo, e portanto próximo aos equipamentos, o monitoramento descrito acima não raramente envolve o uso de indicadores informais como uma maneira de antecipar o conhecimento do problema, sua investigação e solução. Acompanhando uma ronda pela Unidade Hidráulica, é comum observar o operador verificando a temperatura de válvulas e tubulações ao seu redor pelo tato. Segundo ele, a temperatura externa do dispositivo pode indicar se está passando ou não fluido hidráulico por seu interior, permitindo verificar se seu funcionamento está conforme o desejado.

O ruído também é utilizado com frequência, possibilitando monitorar se as bombas estão funcionando corretamente ou não. Na mesma situação, o operador verificou que a bomba

pneumática estava funcionando com um som que indicava estar batendo “metal-metal”, demonstrando a necessidade de sua troca ou reparo.

Em outra situação, ainda próximo à HPU, o operador percebeu um ruído estranho à planta e passou a investigar sua origem, identificou outros operadores agindo no módulo de compressão e foi avisado por sinais dos demais operadores de que havia algum problema já controlado neste equipamento, não necessitando de seu auxílio. Esta situação também demonstra sua prontidão na solução de emergências.

Em termos de investigações e verificações, não é raro que as anormalidades surgidas exijam do trabalhador a construção de modelos mentais de causa e efeito, que sejam validados a cada ação tomada conforme as conseqüências observadas, constituindo-se num complexo processo mental de compreensão de eventos e tomadas de decisões.

Durante o teste de vazamento de fluido hidráulico, no 2º piso do módulo M03A, o modo de investigação utilizado pelo operador pressupõe a representação mental das tubulações e válvulas envolvidas, criando um modelo que permita a correta intervenção. Tal representação é utilizada pelo operador ao iniciar a verificação do vazamento a partir do trecho da própria válvula inativa, aumentando seu universo para o bloco ou painel, conforme a necessidade.

Esta investigação é feita isolando-se o bloco, fechando-se todas as válvulas, passando a abrir uma a uma e verificando se há queda de pressão. Ao fazer isto, o operador está garantindo que somente um trecho da tubulação, entre o painel e as válvulas, esteja recebendo fluido das bombas do 1º nível e refletindo suas condições na leitura de pressão dos instrumentos.

Durante esta seqüência de investigação, o operador não está apenas acionando válvulas e lendo o indicador de pressão. Ao modificar a posição de uma determinada válvula do painel, ele está direcionando o fluido hidráulico para o interior de uma tubulação e, caso haja avaria

neste trecho, o fluido escapará da rede hidráulica, resultando na queda de pressão indicada pelos medidores.

É necessário destacar que este trabalho de investigação exige do profissional envolvido uma representação mental dos comportamentos e conexões dos equipamentos e tubulações envolvidos, de forma a proporcionar a base para soluções acertadas e eficientes, indicando a riqueza do modelo mental utilizado durante esta atividade.

Segundo os entrevistados, as causas de muitas anormalidades no funcionamento da planta residem nas situações operacionais assumidas nas etapas de projeto, que não condizem com a situação real, geralmente mais instável do que o inicialmente suposto.

Um exemplo disto é a elevada frequência de testes de vazamento de fluido hidráulico, fruto de reduções bruscas de diâmetros e qualidade insuficiente das tubulações do equipamento, provocando vazamentos. Tais vazamentos, além de exigirem a verificação, também impedem que o fluido do tanque de retorno seja filtrado pelo tempo necessário, pois é preciso que seja transferido para o tanque de suprimento, para repor o fluido perdido nos vazamentos. Sua filtragem insuficiente aumenta a possibilidade de entupimentos e vazamentos quando no interior das tubulações. A figura abaixo ilustra o processo de retro-alimentação entre a frequência de vazamentos e suas possíveis causas.

A coletividade do trabalho também aparece na atividade de teste de vazamento. Durante a verificação, ambos os operadores envolvidos, P1 e P3, visualizam o processo de pontos diferentes. O primeiro compreende o funcionamento do sistema através das telas do sistema informatizado, enquanto o segundo observa o efeito de suas ações a partir do próprio painel hidráulico. É a comunicação entre eles que complementa seus entendimentos da situação, homogeneizando o conhecimento dos efeitos das ações realizadas e, assim, permitindo uma decisão tomada em conjunto.

Após a constatação de um vazamento, foi necessária a atuação manual do operador P3 na válvula de injeção. Esta atuação manual do operador P3 permitiu ao operador P1 garantir a vazão da bomba de injeção conforme seu objetivo, mantendo o nível de produção do poço envolvido.

Em outra situação, os operadores tiveram dificuldades para localizar o vazamento. A dificuldade só foi percebida quando o operador P3 percebeu que a alimentação de fluido de todo o bloco investigado estava bloqueada manualmente, impedindo a atuação remota em qualquer válvula a ele conectada. Portanto, a cooperação do operador P3 complementou a compreensão do operador P1 sobre a situação, pois este bloqueio manual da alimentação não poderia ser confirmado remotamente pela Sala de Controle.

A recorrente comunicação entre os dois trabalhadores, em atividades como a descrita acima, demonstra a utilidade de um trabalhador ter conhecimento sobre as funções dos demais, permitindo compreensão mútua e recíproca das ações envolvidas e uma decisão única e conjunta, promovendo um resultado de acordo com o objetivo de produção da plataforma.

A dificuldade de acesso também se faz presente em mostradores de instrumentos, através dos quais, os trabalhadores realizam leituras acerca dos estados dos processos no interior das tubulações, usando tais informações para decidirem as próximas ações a serem executadas. Em determinadas manobras, quando se faz necessário o acompanhamento de uma leitura

paralelamente ao manuseio de um dispositivo, a disposição do mostrador impede tal simultaneidade, obrigando o operador a interromper o manuseio repetidamente para realizar leituras que lhe indiquem o efeito da manobra, conforme observado na atuação manual da válvula de injeção de água, requerida após constatação de vazamento de fluido hidráulico. A foto 12 do anexo D ilustra o posicionamento da válvula, do operador em ação e do mostrador, cuja posição da face de leitura é ilustrada pela seta vermelha

V Conclusões, limitações e perspectivas

Conforme descrito no capítulo 1, esta pesquisa teve como objetivo investigar as estratégias utilizadas pelos trabalhadores de uma planta produtiva de processo contínuo e projeto complexo, através das quais superam as dificuldades operacionais que lhe são apresentadas, responsabilizando-se pela recuperação do equilíbrio desejado e pelo alcance das metas de produção, possibilitando a integração entre os diversos aspectos de uma instalação produtiva.

Dentre os constrangimentos inerentes à atividade destes trabalhadores, as primeiras inserções da pesquisa indicaram a existência de subsídios acerca da dispersão de pontos de interação e da verticalização da planta produtiva, que possivelmente apresentam ao trabalhador exigências de deslocamentos e monitoramento das condições de equipamentos distantes entre si.

Conforme descrito no decorrer desta dissertação, estes aspectos do trabalho de operadores de uma planta de processo contínuo verticalizada foram investigados através de um estudo de caso numa plataforma marítima de produção de petróleo. A escolha por este campo de pesquisa se deve à influência de aspectos econômicos, financeiros e técnicos no desenvolvimento de suas etapas de projeto, à sua complexidade operacional e os respectivos efeitos sobre a atividade de trabalho dos operadores considerados.

A partir da realização da análise ergonômica do trabalho do operador P3, pertencente à equipe de Produção da plataforma escolhida para a pesquisa, foram observadas ocorrências dos constrangimentos apresentados nas proposições iniciais.

Assim este capítulo tem o objetivo de discutir à luz do referencial teórico, os aspectos do trabalho observados na pesquisa de campo, procurando sintetizar as respectivas conclusões e resultados.

Complementando este capítulo com o objetivo de esclarecer aspectos não incluídos nesta pesquisa, é apresentada uma sessão referente às suas limitações. Por fim, são apontadas

oportunidades de aprofundamento ou continuidade do tema desta dissertação, com possibilidade de gerarem novas pesquisas a ele relacionadas.

V.1 Discussões e conclusões

Dentre os aspectos observados na análise ergonômica desenvolvida, encontra-se a demanda por deslocamentos verticais, imposta ao trabalhador pela verticalização da planta produtiva. Tal aspecto é fruto da prática de projetos modulares, adotada pela empresa com o objetivo de otimizar o fluxo de caixa de projetos através da redução de seus prazos em relação ao método seqüencial.

À verticalização citada acima, soma-se a dispersão dos equipamentos e ferramentas auxiliares em termos de localização pelos diferentes módulos de processo e seus respectivos níveis, demandando também deslocamentos horizontais significativos.

Assim, são impostos constrangimentos, relacionados ao excesso de deslocamentos verticais e horizontais, aos operadores de uma plataforma marítima de produção projetada e construída pelo método modular, devido a práticas de projeto com pouca consideração da atividade de trabalho.

O esforço demandado pelos deslocamentos verticais é acentuado pela necessidade de uso de escadas verticais, realizado com maior frequência do que o assumido pelas etapas de projeto. Mais uma vez demonstrando a consideração insuficiente de aspectos operacionais na concepção de instalações produtivas.

Por outro lado, se há uma dispersão de equipamentos, também há uma concentração de dispositivos de interação homem-processo ao redor de cada equipamento, devido à necessidade de posicioná-los conectados. Tal concentração resulta numa maior densidade de dispositivos demandando posturas incômodas e prejudiciais aos operadores, além de agravar o esforço exigido.

Ainda relacionado à exigência de esforço físico, existem momentos de concentração da demanda por deslocamentos verticais e por manuseios penosos, agravando tal constrangimento.

Desta forma, a influência de aspectos financeiros e econômicos, externos à empresa, influencia as características de projeto, colaborando com a adoção de projetos modulares e, por consequência, com densidade elevada de dispositivos de interface homem-processo, agravando a demanda por posturas prejudiciais e, consequentemente, aumentando os constrangimentos relacionados ao trabalho dos operadores da planta de processo.

A partir da consideração da concepção do arranjo físico como um importante fator de influência nas condições da atividade de trabalho analisadas, é possível perceber que a invisibilidade do trabalhador nas decisões referentes ao arranjo físico, conforme constatado na revisão teórica, colabora para o agravamento dos determinantes e constrangimentos representados pela demanda excessiva por deslocamentos e esforços físicos.

A afirmação de Slack (1996), segundo a qual, em processos contínuos é adotado o arranjo físico por produto, concebido em função do objeto a ser transformado e sua movimentação pelo setor de produção, indica, mais uma vez, a menor importância das condições de trabalho nas decisões de projeto do arranjo físico de uma instalação produtiva.

Outro aspecto observado na pesquisa de campo foi a frequência elevada de problemas no funcionamento de determinados equipamentos. A investigação das causas destas frequências elevadas levou à conclusão de que as suposições de projeto, sobre o ambiente operacional, não incorporam suficientemente as variabilidades intrínsecas ao ambiente operacional, possibilitando a recorrência dos referidos problemas.

Com relação à interação homem-processo, a pesquisa de campo ressaltou a baixa confiabilidade dos instrumentos de leitura de variáveis dos processos. Tal aspecto apresenta

uma solicitação cognitiva aos trabalhadores, que usam estratégias de verificação da veracidade dos valores por eles indicados. Dentre tais estratégias, destaca-se o uso de indicadores informais, adquiridos geralmente através do tato e da audição. O uso destes indicadores informais procura verificar o correto funcionamento dos equipamentos e amenizar as dificuldades causadas pelo monitoramento obrigatoriamente indireto do operador de uma instalação de processo contínuo, conforme apontado por Ferreira (2002).

A obrigatoriedade da ação indireta sobre os produtos, intermediada pelos dispositivos de interação como válvulas, drenos e bombas, também exige dos operadores a construção de modelos mentais dificultados pela não visualização dos produtos, mais uma vez demandando da capacidade cognitiva dos operadores analisados.

Ainda em termos de solicitações cognitivas, a necessidade de realização de atividades simultâneas observada na pesquisa de campo é mais um exemplo desta exigência. É necessário destacar que, além da parte cognitiva, esta necessidade de reprogramação e planejamento, tanto para o monitoramento de atividades simultâneas, quanto para o atendimento imediato a anormalidades prioritárias, agravam os constrangimentos de tempo e deslocamentos enfrentados pelos trabalhadores da instalação pesquisada, conforme a localização dos equipamentos envolvidos.

A referida a solicitação cognitiva também se faz perceber através dos mecanismos de construção da coletividade do trabalho analisado, postos em prática através da troca de informações para produzir um conhecimento único e mais abrangente da situação do processo.

A dificuldade de construção desta coletividade, assim como a evidência das diferentes interpretações de operadores e empresa sobre o trabalho analisado (FERREIRA, 1996) também foram na apresentação dos resultados da pesquisa de campo. A variabilidade das condições operacionais observadas é essencialmente maior do que a suposta pela

interpretação do trabalho adotada pela empresa, deixando a cargo do operador adaptar-se a mais este constrangimento.

O destaque de tais exigências cognitivas enriquece os resultados desta pesquisa, permitindo uma representação mais abrangente do trabalho analisado ao demonstrar estratégias usadas pelos operadores com o objetivo de amenizar a fraca adaptação deste tipo de instalação produtiva às características de sua atividade de trabalho.

Portanto, esta pesquisa evidenciou que há um campo de ação com o qual a Ergonomia pode contribuir através da construção de um conhecimento sobre esta atividade de trabalho. Este conhecimento permitirá criar meios de trabalho mais adaptados às necessidades dos operadores, permitindo melhores condições operacionais.

apresentou subsídios de que a não inclusão satisfatória da Ergonomia nas etapas de concepção pode acarretar em resultados abaixo do esperado nas etapas de implantação. Tais resultados se devem à consideração insuficiente das variabilidades observadas em unidades semelhantes e das respectivas estratégias empregadas pelos trabalhadores, levando à falta de adaptação dos meios de trabalho à atividade real e a dificuldades de representação do estado real dos processos (DUARTE, 2002).

Por fim, é válido destacar que, segundo tais conclusões, a construção de um ambiente de produção em cujo projeto não se incorporou efetivamente os conhecimentos próprios do funcionamento do ser humano inserido na situação de trabalho, devido a não aplicação efetiva da Ergonomia, pode colaborar com a construção de um ambiente de produção com desequilíbrios entre seus diversos aspectos operacionais.

V.2 Limitações da pesquisa

Considerando apresentadas as conclusões da pesquisa, conforme os conceitos construídos a partir do referencial teórico e da pesquisa de campo, faz-se necessário apresentar temas

observados mas não abordados de maneira suficientemente aprofundada para permitir conclusões conceituais.

A abordagem aos aspectos apontados como o foco do estudo não incorporou dados de saúde ocupacional da instalação produtiva analisada, ainda que a recorrência de afastamentos de operadores por licença médica tenha sido apontada durante as primeiras entrevistas da pesquisa de campo. É necessário destacar que, segundo estes relatos, boa parte destes afastamentos se relacionam com problemas nas articulações dos membros inferiores, com possibilidade de origem no excesso de deslocamentos verticais e posturas prejudiciais. Porém, por trâmites de segurança da informação, os dados resumidos destes afastamentos não foram disponibilizados ao pesquisador.

Outro aspecto destacado nas entrevistas iniciais da pesquisa de campo e não aprofundado nesta dissertação foi o efeito do trabalho em turnos sobre os operadores. O desgaste é apontado como um incômodo pelos operadores e sua percepção é fácil durante os dias de troca de turno, seja por comentários dos trabalhadores ou por seus próprios semblantes, porém, não foram utilizadas ferramentas adequadas para a incorporação deste assunto.

A constatação do desuso de manuais de operação e prescrições de tarefas pelos operadores é outro aspecto não suficientemente incorporado a esta pesquisa, não se discorrendo sobre a dependência da experiência dos trabalhadores para treinamento de novos profissionais e manutenção do funcionamento adequado dos equipamentos.

A característica de gestão baseada na individualidade foi apontada durante as entrevistas com os operadores analisados, não fazendo, porém, parte do foco central desta dissertação. Assim, não foram analisados satisfatoriamente aspectos como a não consideração das relações de trabalho, a característica prescritiva e normativa da gestão normalmente praticada pelas empresas e os indicadores gerenciais geralmente utilizados (LLORY, 2002), assim como a

superação destas dificuldades pelos próprios operadores com o objetivo de construir um coletivo de trabalho.

Em termos de aspectos da organização do trabalho, considerando aspectos apontados no referencial teórico como a ausência de fronteiras claras na divisão de tarefas e a variabilidade dos tempos de realização, as investigações iniciais indicaram subsídios destas questões na situação pesquisada, porém, devido aos limites impostos a este trabalho, tais temas também não foram suficientemente aprofundados.

Por fim, a quantidade de documentos e disciplinas envolvidas num projeto de grande porte, como a instalação produtiva objeto deste estudo de caso, também não foi considerada nesta pesquisa. As investigações iniciais, ainda durante o reconhecimento das práticas de projeto deste ramo industrial, indicaram que este volume de documentos dificulta à organização garantir a consistência de todas as informações, agravando-se tal dificuldade em projetos com elaboração dividida entre diferentes empresas e com longa duração. Assim, as futuras inconsistências tendem a ser resolvidas priorizando-se aspectos mais importantes em relação às diretrizes de redução de prazos e custos dos projetos, prejudicando aspectos menos considerados pela organização empresarial, como as condições de trabalho.

V.3 Perspectivas para novas pesquisas

É válido destacar aqui o caráter exploratório desta pesquisa. Uma vez que o campo objeto do estudo de caso é um setor pouco abordado pela pesquisa científica em Ergonomia, são diversas as oportunidades de continuidade desta exploração em novas pesquisas.

Dentre tais oportunidades, primeiramente pode ser citado o estudo acerca dos métodos de inclusão da ergonomia nas etapas dos projetos. Tal tema permitiria uma exploração acerca dos métodos já existentes para a prática da ergonomia de concepção, comparando detalhes de sua

aplicação em projetos do porte e da complexidade de uma plataforma marítima de produção de petróleo.

A inclusão da ergonomia nos contratos de projetos deste porte também pode ser um tema de pesquisa. A complexidade destes instrumentos contratuais, assim como seus desdobramentos durante o avanço da concepção e construção, torna necessária uma reflexão a respeito, procurando apontar meios de inclusão, realização efetiva e fiscalização da Ergonomia pela empresa contratante durante as diversas etapas de projeto.

Em termos de organização do trabalho, a cultura de organização operacional da empresa estudada nesta pesquisa se fundamentou em plantas não modulares, construídas de forma seqüencial e, portanto, com diferentes características de arranjo físico. Assim, a organização do trabalho atual apresenta dificuldades de adaptação ao arranjo físico modular, suscitando questões passíveis de constituírem uma nova pesquisa científica.

Levando em conta também alguns aspectos apontados por um estudo ergonômico realizado anteriormente na empresa estudada, os efeitos do confinamento e do trabalho em turnos sobre os trabalhadores também apontam para a existência de questões que necessitam ser pesquisadas, apresentando-se como mais uma oportunidade para novas pesquisas.

Por fim, o desenvolvimento de interfaces homem-equipamento mais adaptadas ao ser humano se faz necessário em diversos setores de uma plataforma marítima de petróleo, procurando reduzir a demanda por posturas incômodas e esforços físicos, constituindo-se assim em mais uma oportunidade para novas pesquisas.

Referências Bibliográficas

ARARAKI, J. **Técnicas de degeneração no projeto do controle de sistemas produtivos**. 2004. 154f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ASIMOW, Morris. **Introduction to design**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1962.

BÉGUIN, Pascal; WEIL-FASSINA, Annie. Da simulação de trabalho à situação de simulação. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO. **Manual de Aplicação da norma regulamentadora NR-17**. Brasília: Ministério do Trabalho, 1994.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1996. v.2

DANIELLOU, F. **Ergonomie et neurophysiologie du travail**. Paris: CNAM, 1990-1991. (Collection CNAM de Cours, Ergonomie, B4)

DANIELLOU, F. Métodos em ergonomia de concepção: a análise de situações de referência e a simulação do trabalho. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002.

DUARTE, Francisco. Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002

_____, *et al.* Application de normes pour la conception de salles de contrôle des navires plates-formes. Intérêts et limites. In: CONGRÈS DE LA SOCIÉTÉ D'ERGONOMIE DE LANGUE FRANÇAISE, 39, 2004, Genève. **Anais...** Genève: SELF, 2004.

DYM, Clive L. **Engineering design: a synthesis of views**. New York: Cambridge University Press, 1994.

EISENHARDT, K. M.. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ERGONOMICS RESEARCH SOCIETY. Disponível em: <<http://www.ergonomics.org.uk>>. Acesso em: dia mês ano.

FERREIRA, L.. O trabalho dos petroleiros. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002.

FERREIRA, L.. **Dois estudos sobre o trabalho dos petroleiros. Produção**, Belo Horizonte, v.6, p.7-32, 1996

FERREIRA, L. **O trabalho dos Petroleiros: perigoso, complexo, contínuo e coletivo**. São Paulo: Prefeitura Municipal de Santos/ Editora Scritta/Federação Única dos Petroleiros, 1996.

FRANCIS, Richard L. **Facility layout and location**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974.

GENERAL Techinal Description: P53. Rio de Janeiro: Petrobras, 2005.

GRANATH, J. A. **Architecture, technology and human factors: design in a socio-techinal context**. Göteborg: Chalmers University, 1991.

GROOVER Mikell P. **Automation, production systems and computer integrated**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1987.

GROOSMITH, Edward; CHAMBERS, Gregory. **The role of ergonomics in process design, product design and design for the environment 1998**. Disponível em: < http://www.tifaq.com/articles/design_role_of_ergonomics.html>. Acesso em: 20 jun. 2006.

GUÉRIN, F. et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

GUILLAUME, François. **Metodologia da utilização e elaboração de projeto para sistemas de controle distribuído em processos contínuos**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989 (Estudo Técnico).

HENDRIKSE, E. J. Human engineering and cultural calibration for an offshore platform design: are there lessons for the maritime industry?. In: RINA, 2000, Londres. Anais: Londres, set. 2000.

HYMAN, B. **Fundamentals of engineering design**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgar Blücher, 1990.

JACKSON, José Marçal; MAIA, Nora de Castro; CORDEIRO, Cláudia. Projetos de unidades marítimas de produção: novos desafios e velhos problemas para prática da ergonomia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABERGO, 2004.

JONES, James V. **Engineering design: reliability, maintainability and testability**. New York: McGraw-Hill, 1988.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the human: a textbook of occupational ergonomics**. 5. ed. London: Taylor & Francis, 1997.

LAVILLE, Antoine. **Ergonomia**. São Paulo: Epu, 1977

LAZZARINI, S. G. Estudos de caso: aplicabilidade e limitações do método para fins de pesquisa. **Economia & Empresa**, São Paulo, v.2, n.4, p.17-26, 1995.

LLORY, M.. O homem como agente da confiabilidade e segurança: a dimensão coletiva do trabalho. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002.

LOPES, José Antônio Esquerdo. **Produtividade da mão-de-obra em projetos de estruturas metálicas**. 2001. 155f. Dissertação (Mestrado) – CEETEPS/FATEC/EPUSP, São Paulo, 2001.

MAIA, Nora de Castro. **Ergonomia em Projetos de salas de controle de unidades marítimas de produção**. 2002. 160f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MATSUSAKI, Cristina T. M.. **Modelagem de sistemas de controle distribuído e colaborativos de sistemas produtivos**. 2004. 140f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MOUNTMOLLIN, Maurice de. **L'ergonomie**. 3.ed. Paris: Éditions La Découverte, 1966.

PRIEST, J. **Engineering design for producibility and reliability**. New York: Marcel Dekker, 1988.

PUGH, Stuart. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

RABARDEL, Píer *et al.* **Ergonomie: concepts et methods**. Toulouse: Octares, 1998.

SILVA, Eliciane Maria. **Alinhamento das estratégias competitivas com as estratégias de produção: estudo de caso no pólo moveleiro de Votuporanga-SP**. 2003. 163f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

THIBAUT, J. F. Contribuição da ergonomia em projetos de concepção e implantação de SDCC. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucena, 2002.

THIRY-CHERQUES, Hermano Roberto. **Modelagem de projetos**. São Paulo: Atlas, 2004.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

TIBERTI, Alexandre José. **Desenvolvimento de software de apoio ao projeto de arranjo físico de fábrica baseado em um *framework* orientado a objeto**. 2003. 195f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP. São Paulo: USP, 2004.

VALERIANO, D. **Gerência em projeto:** pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.

VALLE, Cyro Eyer do. **Implantação de indústrias.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

WOILER, S. **Projetos:** planejamento, elaboração e análise. São Paulo: Atlas, 1996.

YIN, Robert K. **Case study research: design and methods.** Newbury Park: Sage, 1989.

PETROBRAS. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2006.

PETROBRAS. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2006.

Anexo A

Unidade marítima de produção de petróleo

Neste anexo são apresentados aspectos gerais de uma unidade marítima de produção petrolífera e de seus processos produtivos, visando o conhecimento do ambiente de produção utilizado como campo de pesquisa.

Os aspectos aqui apresentados também têm a função de demonstrar a complexidade da instalação produtiva, em termos de porte e quantidade de equipamentos e sistemas, do produto em termos de especificações exigidas e monitoradas, e do processo em si, com respeito à quantidade de equipamentos e variáveis envolvidas.

Caracterização de uma unidade marítima de produção

Na indústria extrativista, a planta produtiva deve se localizar próxima à jazida explorada. Assim, a exploração marítima de petróleo somente é possível ao se viabilizar a instalação dos equipamentos de produção em ambiente marítimo. Para que isso seja possível é necessário que toda a planta produtiva seja instalada em uma estrutura de suporte que a mantenha acima do nível do mar.

Esta estrutura de suporte, quando considerada em conjunto com a totalidade dos equipamentos de produção é denominada de plataforma marítima de produção, devendo receber tubulações vindas dos poços. É por parte destas tubulações que o petróleo sai dos poços produtores e chega à plataforma, uma segunda parte destas tubulações injetará água ou gás para auxiliar na extração do petróleo, mantendo a pressão interna do reservatório.

Uma vez definida a plataforma marítima de produção de petróleo, é necessário classificá-la de acordo com seu sistema de apoio, que varia conforme o ambiente marítimo de instalação, pois conforme a lâmina d'água entre a plataforma e o solo marinho abaixo dela se define o tipo de

plataforma mais adequado, levando-se em conta também a capacidade de produção da respectiva instalação.

Existem três tipos básicos de plataformas marítimas de produção (www.petrobras.com.br).

Para situações com lâmina d'água iguais ou inferiores a 120m, o mais comum é o uso de plataformas fixas, cujos equipamentos de produção e demais necessidades são suportados por colunas metálicas apoiadas sobre o solo marinho.

Figura 1 – Plataforma Fixa

Para a exploração de jazidas em locais com profundidades maiores, normalmente de 200m a 1000m, existem duas alternativas de plataformas flutuantes. A primeira é a plataforma semi-submersível, onde os equipamentos de produção são instalados de maneira semelhante às plataformas fixas, porém sobre estruturas flutuantes, cujas colunas de sustentação permanecem parte submersas, parte acima do nível da água e ancoradas ao solo marinho por sistemas específicos de ancoragem e amarração.

Figura 13 – Plataforma
Semi-submersível

A segunda alternativa é a plataforma mono-casco, cuja planta produtiva é posicionada sobre um casco de navio, que também é ancorado ao solo.

Figura 14 – Plataforma monocasco

Um segundo tipo de classificação de plataformas é quanto à capacidade de estocagem de petróleo produzido. As plataformas fixas e semi-submersíveis não tem a capacidade de estocagem, pois não possuem tanques destinados a isto e todo o óleo produzido é exportado através de dutos para monobóias, onde o petróleo é carregado em navios petroleiros ou aliviadores, ou diretamente para terminais terrestres que repassam o produto para refinarias ou

navios, conforme o caso. Este tipo de plataforma pode ser denominado de Unidade Estacionária de Produção (UEP).

Uma plataforma mono-casco pode não estocar o petróleo, constituindo-se também numa UEP, mas geralmente utiliza tanques do casco do navio para armazenamento do produto, denominando-se *FPSO* (Flutuação, Produção, Estocagem e Transferência – “*Float Production Storage and Offloading*”), sigla esta que caracteriza as quatro características básicas deste tipo de plataforma: a flutuação, a produção ou extração de petróleo seguido do seu armazenamento e exportação do óleo produzido.

Vale a pena lembrar que as plataformas monocasco constituem a maioria dos projetos atuais no Brasil e estão sujeitas a amplos movimentos conforme o estado do mar. Esta característica traz conseqüências importantes para a concepção dos meios de trabalho, que devem ser adaptados a esta condição diferenciada em relação às plataformas semi-submersíveis ou fixas (DUARTE et al, 2004).

Uma vez definidos em termos gerais os tipos de plataformas utilizados na extração do petróleo, é necessário realizar aqui a descrição geral de uma embarcação destas, uma vez que este ambiente de trabalho é o objeto desta pesquisa.

De modo geral, uma plataforma é composta por subsistemas essenciais para seu funcionamento em condições suficientes de segurança e com a obtenção da qualidade desejada do produto final. Dentre estes estão os sistemas de produção do petróleo, incluindo separação e tratamento de óleo e gás, de processo, de armazenamento, quando houver, de geração de energia, de bombas, de informação, de transferência e de movimentação de cargas (General Technical Description – P53).

A apresentação mais utilizada dos equipamentos de uma plataforma se dá por casco; amarração; área de cargas; acomodação dos trabalhadores; instalações de trabalho ou

escritórios; heliponto; extração e recebimento de petróleo; separação e tratamento de óleo; tratamento de gás e chama de descarte de gás; transferência; geração de energia; utilidades; tratamento de água; remoção de sulfato e injeção de água; além da tubulação de conexão entre os diferentes processos.

O casco é composto por suas estruturas e respectivas proteções contra corrosão; sistemas navais e de lastro, assim como suas tubulações; estrutura de transição entre casco e suportes de equipamentos das plataformas; tanques de armazenamento, quando houver; reforços para implantação de áreas adjacentes; sistema de amarração; fundação de guindastes e outros acessórios necessários conforme o projeto.

O sistema de amarração é responsável pela conexão da plataforma ao sistema de ancoragem, possibilitando que esta permaneça no mesmo local independentemente da existência de correntes marítimas, ondas, ventos e demais aspectos do ambiente que possam movimentar a embarcação.

A área de cargas consiste num espaço reservado para acomodação de containeres trazidos por embarcações de apoio e guindastes para movimentação destas cargas, que contêm alimentos, remédios, produtos de limpeza, de higiene pessoal, materiais de escritório e todos os demais materiais de consumo produzidos externamente à plataforma.

O módulo de acomodação é composto por um ambiente com instalações como dormitórios, refeitórios, ambulatorios e outras facilidades voltadas à vivência dos trabalhadores da plataforma durante os períodos de descanso.

O local para as instalações de trabalho contém salas de reuniões, a sala central de controle, antenas de telecomunicação e demais facilidades para uso dos operadores da plataforma durante a realização de suas tarefas. Já o heliponto consiste numa área reservada para o pouso e aterrissagem dos helicópteros, assim como alguns equipamentos de segurança necessários.

O sistema de extração de petróleo e gás dos poços está localizado no fundo do oceano, de maneira que somente o sistema de recebimento esteja na plataforma. Tal sistema possui uma área onde a tubulação vinda dos poços é conectada à tubulação da plataforma, geralmente contando também com grande quantidade válvulas.

O sistema de separação e tratamento de óleo contém diversos equipamentos necessários à realização de seus respectivos processos, como pré-aquecedores, aquecedores principais, vasos separadores e desidratadores de óleo.

O tratamento do gás ocorre numa área específica, que contém o desidratador de gás e o sistema de gás combustível. Em algumas plataformas, o sistema de queima de gás não aproveitado (Tocha) tem parte de seus equipamentos alocados em conjunto com o sistema de tratamento de gás, consistindo em linhas de baixa e alta pressão, válvulas e outros equipamentos do sistema de queima.

O sistema de transferência de óleo pode realizar o bombeamento para uma rede de dutos, ou para um navio aliviador. No primeiro caso esta instalação também será formada por múltiplos pisos em diferentes níveis de elevação e um sistema de bombeamento.

No segundo caso, a plataforma contará também com um sistema de bombeamento, não tão potente quanto o primeiro, e com os sistemas de conexão da tubulação do navio receptor do petróleo. Este sistema pode ser móvel para que a transferência do óleo seja executada tanto pela proa quanto pela popa da plataforma, ou imóvel permitindo a transferência numa única posição conforme a unidade produtiva.

O sistema de geração de energia para uso na unidade marítima costuma conter turbinas geradoras de energia e uma sala de controle local, além dos painéis elétricos para distribuição da energia gerada.

O sistema de utilidades é composto por sistemas de injeção de agentes químicos nos produtos processados na plataforma, de resfriamento de água e aquecimento de água, de ar comprimido para ser utilizado em outros locais da plataforma e de geração de nitrogênio, também para ser utilizado no tratamento dos produtos processados.

Por fim, existe um suporte de tubulações destinado a receber tubulações de interconexão entre os diferentes processos da plataforma. Por ele devem passar tubulações que levem ar comprimido do sistema de utilidades aos demais processos. Assim ele permite disponibilizar em todos os locais necessários a água potável, água de combate a incêndio, gás carbônico também para combate a incêndio, eletricidade e sistemas de comunicação.

Outra função importante deste suporte é a interligação das diferentes etapas do processo de produção do petróleo. Inicialmente na área de extração, levando o petróleo da área de recebimento aos sistemas de separação, e posteriormente possibilitando o transporte de óleo e gás da área de processo à área de estocagem ou transferência conforme a plataforma.

Anexo B

Processamento de Petróleo em Unidades Marítimas de Produção

Para que se compreenda os processos de produção de petróleo, é necessário também conhecer algumas características do petróleo. Desta forma, estão descritas a seguir algumas características relevantes do petróleo para esta pesquisa e, posteriormente, o processo de produção de petróleo e gás realizado por uma unidade marítima.

Características do petróleo

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos. Permanece no estado gasoso, quando com maior quantidade de pequenas moléculas, ou líquido, quando é grande a porcentagem de moléculas maiores. Dentre suas frações típicas encontram-se desde moléculas de CH₄ (metano) a moléculas com mais de 38 átomos de carbono. Conforme a porcentagem de suas frações, os óleos dos diversos reservatórios apresentam características diferentes.

Segundo THOMAS (2001), além dos hidrocarbonetos, o óleo produzido traz consigo produtos indesejados como os compostos sulfurados, nitrogenados, oxigenados e metálicos.

Os compostos sulfurados são responsáveis pela corrosividade dos derivados, são poluentes tóxicos e aumentam a polaridade do óleo, causando maior estabilidade das emulsões, o que dificulta a retirada da água presente no óleo.

Os compostos nitrogenados também aumentam a capacidade do óleo de reter água em emulsão, tornam os produtos finais do refino instáveis e contaminam os catalisadores utilizados nos processos.

Os compostos oxigenados colaboram com a acidez e corrosividade das frações do petróleo. Por fim, os compostos metálicos se apresentam na forma de sais orgânicos dissolvidos na

água presente no petróleo, ou na forma de compostos organometálicos complexos. Tais compostos também contaminam os catalisadores e são prejudiciais aos processos onde os derivados do petróleo servem de combustível, atacando as instalações.

Conforme as moléculas dominantes, o petróleo pode ser classificado como parafínico, naftênico ou aromático. O tipo parafínico produz Querosene de Aviação (QAV), diesel, lubrificantes e parafinas. O tipo naftênico produz QAV, lubrificante, gasolina e nafta, enquanto que o aromático produz gasolina, solvente, asfalto e coque. O valor do petróleo varia conforme sua classificação em um desses tipos além de outras classificações e especificações.

O grau API também é muito utilizado na classificação do petróleo. Quanto maior o grau API de um óleo, mais leve ele é e, conseqüentemente, mais valorizado.

Processamento do Petróleo

Uma vez elevado do poço, o petróleo deve ser processado para que tenha valor comercial. Este processamento pode ser dividido em primário, que é realizado próximo ao local de produção, e o secundário, realizado próximo ao pólo consumidor (THOMAS, 2001).

O processamento primário é representado no fluxograma abaixo. O petróleo é elevado dos poços e bombeado até os equipamentos da plataforma de produção. A primeira etapa do processamento é a separação, onde podem ser utilizados separadores bifásicos (separam o óleo produzido em gás e líquido) ou trifásicos (separam em óleo, gás e água). No caso de separadores bifásicos é necessária a posterior separação de água e óleo, esta separação é realizada para que o óleo atinja a necessária especificação de teor de água, sais e enxofre, qual seja: menor que 0,5% para exportação ou menor que 1% para o mercado brasileiro.

Na saída dos separadores existem três correntes, óleo, água e gás. A seguir são apresentadas breves descrições sobre o tratamento de cada uma delas conforme o esquema representativo apresentado a seguir.

Figura 1 – Tratamento de óleo e gás

Tratamento do gás natural

O gás natural, para ser considerado rico, deve conter porcentagem de componentes mais pesados que o propano (C_3H_8) superiores a 7% (THOMAS, 2001). Outras características do gás natural são a ausência de cheiro e ser mais leve que o ar. O tratamento do gás consiste no condicionamento e no processamento do gás natural. O primeiro visa reduzir os teores de contaminantes para adequá-lo às especificações “de mercado, segurança, transporte ou processamento posterior”. Já o processamento separa as frações leves (metano e etano, que constituem o gás residual) das pesadas com maior valor comercial.

A primeira etapa do condicionamento é a desidratação que é feita por absorção ou adsorção.

A absorção consiste no gás sendo fluído em contracorrente a uma solução de glicol com

grande poder higroscópico. A solução de glicol é posteriormente regenerada por aquecimento e retorna ao processo. A adsorção é realizada por materiais com grande área superficial e afinidade pela água. O agente da adsorção também é regenerado por aquecimento para retornar ao processo. Por motivos de menores custos, outra alternativa existente é a aplicação de inibidores químicos que se combinam com a água diminuindo a temperatura de formação dos hidratos. A segunda etapa do condicionamento é a dessulfurização que remove os gases ácidos, como CO_2 e compostos de enxofre, por absorção química ou física.

O processamento ocorre numa Unidade de Processamento de Gás Natural através de processos que diminuem a temperatura ou aumentam a pressão. São eles: refrigeração simples, absorção refrigerada, turboexpansão, expansão Joule-Thompson. Normalmente a recuperação de butanos é de 100%, e para hidrocarbonetos mais pesados porcentagens entre 90 e 95%. Parte do gás residual é consumido internamente na unidade produtora.

Tratamento do óleo

O óleo apresenta como contaminantes a água, sais, microorganismos, gases dissolvidos e material em expansão.

A presença da água varia conforme características do reservatório de origem do fluido, idade dos poços produtores e os métodos de recuperação utilizados (injeção de água, vapor, etc.). Sua presença prejudica a produção, o transporte e o refino do óleo, exigindo um superdimensionamento das instalações de coleta, armazenagem e transferência, maior consumo de energia e maior segurança operacional (variações de temperatura possibilitam que a água cause problemas de corrosão ou incrustação nas instalações). Microorganismos como bactérias, algas e fungos presentes na água podem gerar substâncias corrosivas em seus metabolismos.

Os teores de sais dissolvidos na água chegam a algo entre três e quatro vezes superiores aos valores encontrados na água do mar (35g/l). Os sais presentes podem ser prejudiciais durante o refino provocando acidez e conseqüente corrosão nas instalações ou encurtando a vida útil dos catalisadores gerando produtos de menor qualidade. Portanto a eliminação da água visa proporcionar maior vida útil das instalações, redução do tempo e do custo de manutenção além de permitir operações de produção, transporte e refino dentro dos padrões exigidos de segurança e qualidade com menores custos.

Parte da água associada ao óleo é separada por decantação nos separadores. O restante permanece em emulsão e é separada através de processos físicos ou químicos. Para desestabilizar a emulsão são utilizados calor, eletricidade ou desemulsificantes permitindo a coalescência e sedimentação gravitacional. A seleção do desemulsificante e dos demais equipamentos do sistema é realizada levando em consideração fatores técnicos e econômicos como tipo de óleo, vazão de água e óleo, quantidade de água livre, temperatura de tratamento, salinidade e destino da água produzida.

Por vezes não é possível retirar toda a água emulsionada do óleo, assim o petróleo é enviado às refinarias, por oleodutos e navios, com até o máximo teor de água (1% de BSW - relação entre volume de água e sedimentos e o volume de emulsão) e sal (285 g/l - miligramas de sais dissolvidos por litro de petróleo) aceitos pelas refinarias.

Tratamento da água

O tratamento da água visa recuperar o óleo presente em emulsão e condicioná-la possibilitando seu descarte ou reinjeção. A quantidade de água associada ao óleo atinge valores até a ordem de 50% em volume em condições normais, e pode atingir aproximados 100% em poços em fim de vida econômica. O tratamento da água se dá conforme o esquema abaixo.

A água proveniente do tratamento do óleo passa por um vaso desgaseificador e um vaso separador água/óleo seguindo para o tubo de despejo. O vaso desgaseificador remove traços de gás da água encaminhando os gases separados para um dispositivo de queima. O processo de separação de água/óleo é composto pelo hidrociclone flotador. A flotação recupera o óleo presente através da separação gravitacional e os hidrociclones aceleram este processo causando uma força que direciona os componentes mais pesados contra as paredes do tubo que, devido ao formato cônico e ao diferencial de pressão entre as paredes e o centro da tubulação, causa um fluxo reverso denominado rejeito que contém óleo em maior proporção.

Por fim o tubo de despejo contém câmaras de decantação e anteparos de retenção para remover óleo proveniente dos hidrociclones. A água oleosa é encaminhada a um tanque recuperador enquanto que o restante é descartado ao meio ambiente. Em unidades marítimas, cuja presença dos fluidos nos sistemas de tratamento é curta, a água tratada apresenta teores de óleo (35 mg/l) superiores aos 5mg/l de unidades terrestres, cuja residência da água no sistema de tratamento é mais longa.

A água de reinjeção também deve ser tratada para retirar contaminantes e sólidos em suspensão que provoquem tamponamento do reservatório e/ou corrosão. Além da filtração, utilizada para retirar os componentes sólidos, são utilizados produtos químicos para retirada de gás carbônico, gás sulfídrico, bactérias indutoras de corrosão, redutoras de sulfato além dos sólidos em suspensão.

Para que não agrida o meio-ambiente, a água separada do óleo deve ser descartada com os devidos cuidados devido ao grande volume (3 a 4 m³/dia de água para cada m³/dia de óleo produzido) e sua composição (com sais e óleos, ausência de oxigênio e temperatura elevada).

Anexo C

Descrição de sistemas e equipamentos utilizados pelo operador P3

Um processo possui várias etapas, as quais ocorrem em determinados sistemas. O processo de produção de óleo, por exemplo, contém os sistemas de poço, processamento de óleo e gás, laboratório e tratamento de óleo. A figura a seguir ilustra o processo de tratamento de óleo e gás, assim como seus sistemas e equipamentos.

O petróleo é extraído do reservatório via coluna de produção do poço, passando pela árvore de natal, indo ao sistema de processamento para separação e, por fim, sendo desidratado antes de ser armazenado.

A árvore de natal possui válvulas que regulam a passagem do petróleo, controlando sua extração. Estas válvulas são atuadas via fluido da unidade hidráulica. Por sua vez, o laboratório recebe amostras coletadas no tratamento do petróleo para realização de análises. Finalmente, a bomba de serviço pressiona o óleo diesel pela tubulação entre o poço e a plataforma, realizando tarefas de manutenção e limpeza.

Este exemplo esclarece que o processo de produção de óleo é composto por vários sistemas com equipamentos dispersos pela planta.

A seguir são apresentados esquemas explicativos dos principais equipamentos utilizados pelo operador P3.

Unidade Hidráulica dos Poços

Este equipamento é composto pelos tanques de retorno e suprimento, painéis, tubulações, válvulas, bombas e filtros. O fluido do tanque de suprimento é bombeado via tubulação para os painéis, de onde é distribuído para os poços e seus equipamentos de superfície (relacionados ao controle da água de injeção e etc.), permitindo o acionamento de válvulas remotas do sistema de poço a partir da Sala de Controle. O fluido retorna das válvulas comandadas para o tanque de retorno, de onde pode ser transmitido ao tanque de suprimento quando houver necessidade.

Bomba de Serviço

A Bomba de Serviço é composta por tanque de diesel, bomba de serviço, tubulações e válvulas correspondentes. Este equipamento é utilizado para bombear diesel por diversas tubulações da plataforma, conforme a necessidade. Em alguns casos o diesel é utilizado para impulsionar o PIG pelas tubulações dos poços, em outros casos ele pode ser utilizado para realizar limpeza de tubulações das plantas ou para separar produtos diferentes transportados em seqüência numa mesma tubulação.

Manifold de Gás Lift e Kick-off

Estes equipamentos são compostos por um conjunto de tubulações e válvulas. No primeiro caso, o correto alinhamento permite equalizar os fluxos de gás a ser injetado nos poços para diminuir a densidade do petróleo e facilitar sua subida pela coluna de produção.

O Header de Kick-off permite direcionar o fluxo de gás para pressionar rapidamente a cabeça da coluna de produção, causando agitação e facilitando a subida do fluido lá estagnado.

O gás utilizado nestes equipamentos é produzido a partir da extração dos poços. O gás extraído e tratado é dividido entre exportação, produção de energia nas turbinas, estes equipamentos, sendo queimado o excedente no sistema de tocha, por razões de segurança.

Manifold de produção e teste

O manifold de produção equaliza o fluxo de petróleo advindo dos diversos poços de maneira a obter um único fluxo, dentro dos parâmetros de vazão exigidos pelo sistema de tratamento do óleo. O manifold de teste recebe o fluído de um único poço por vez, para que este seja analisado quanto à pressão, vazão, temperatura e demais características relevantes.

Lançadores e Recebedores de PIG (do sistema de coleta)

Os Lançadores e Recebedores de PIG servem para a realização do lançamento do PIG, corpo esponjoso passado pelo interior das tubulações para limpeza, desobstrução e monitoramento de suas condições. Desta forma, procura-se garantir o fluxo dos fluidos sem riscos de vazamentos causados por deformações ou corrosões das tubulações existentes entre a plataforma e os poços.

Lançadores de PIG (do sistema de escoamento de gás)

Análogo ao equipamento superior, porém o PIG é lançado pela tubulação de escoamento do gás exportado para a plataforma receptora. A seguir é apresentada a tarefa descrita deste equipamento.

Tanques de Desemulsificante, Anti-espumante, Anti-incrustante, Inibidor de Hidrato e Inibidor de Corrosão, respectivas bombas e painéis IRCD

Os equipamentos de injeção são compostos por tanques reservatórios, válvulas e bombas de injeção. A injeção destes produtos químicos visa garantir maior vida útil às instalações (tubulações, válvulas e tanques) impedindo corrosão, formação de espumas, de hidratos e a presença de bactérias específicas na água a ser injetada nos poços, que poderiam acelerar a degeneração do petróleo modificando suas características e comprometendo o funcionamento dos equipamentos de processo.

O desemulsificante, anti-espumante e o anti-incrustantes, são injetados no interior dos equipamentos de tratamento de óleo, procurando manter o fluido dentro das condições necessárias ao bom funcionamento deste sistema.

O inibidor de hidrato e o inibidor de corrosão são injetados nos equipamentos de tratamento de gás, com os mesmos objetivos citados acima.

Anexo D

Fotos de observações da atividade

Uso de escada vertical (“quebra-peito”)

Foto 1 – Escada vertical

Foto 2 – Uso de escada vertical

Foto 3 – Uso de escada vertical

Manuseio de válvulas e demais dispositivos

Foto 4 – Flexão de joelhos (drenagem de lançador de PIG)

Foto 5 – Flexão de tronco (abertura de *by-pass* de PSV)

Foto 7 – Suspensão de membros superiores (teste de vazamento de fluido hidráulico)

Foto 6 – Torção de pulso (abertura de *by-pass* da PSV)

Figura 8 – Flexão de tronco e pescoço (posicionamento de PIG)

Densidade de dispositivos de interação com equipamentos

**Foto 9 –
Interação em
câmara lançadora
de PIG**

**Foto 10 –
Válvulas com
altura elevada
(lançador de
PIG)**

V.4

**Foto 11 – Vista Geral do
setor de lançamento de PIG
(módulo M03 A)**

Posicionamento de Mostradores e instrumentos em relação ao usuário

Foto 12 – interação com dificuldade de leitura de mostrador (abertura da válvula de injeção)