

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Santiago Sosa González

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE
COMPATIBILIDADE ENTRE A GESTÃO DE
PROCEDIMENTOS E A COMPLEXIDADE DE UM
SISTEMA SÓCIO-TÉCNICO

Porto Alegre

2012

Santiago Sosa González

**Protocolo de Avaliação de Compatibilidade entre a Gestão de Procedimentos e a
Complexidade de um Sistema Sócio-Técnico**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador:

Professor Dr. Tarcisio Abreu Saurin

Porto Alegre

2012

Santiago Sosa González

Protocolo de Avaliação de Compatibilidade entre a Gestão de Procedimentos e a Complexidade de um Sistema Sócio-Técnico

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Dr. Carla Schwengber ten Caten

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor José Orlando Gomes, Dr. (UFRJ)

Professor Éder Henriqson, Dr. (PUCRS)

Engenheiro Luís Gustavo Soares Longhi, Dr. (PETROBRAS)

Professor Michel José Anzanello (UFRGS)

Dedicatória
À sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Tarcisio Abreu Saurin pela orientação ao longo de todo o mestrado. Da mesma forma, agradeço a todos os profissionais da refinaria onde foi realizada a aplicação dos protocolos desenvolvidos no trabalho. Aos colegas de mestrado, meu muito obrigado pelo companheirismo ao longo dos últimos dois anos. Faço um agradecimento a todos os profissionais do Departamento de Engenharia de Produção e Transporte, pela oportunidade de realizar um mestrado nessa instituição. Por último, à CAPES pela modesta bolsa, porém fundamental.

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados. Tal protocolo consiste das seguintes etapas: (a) delimitação do sistema sócio-técnico a ser estudado; (b) caracterização do sistema sócio-técnico; (c) caracterização da complexidade do sistema em estudo; (d) aplicação de dois tipos de questionários aos membros do sistema investigado; um deles destinado a avaliar a percepção em relação a um conjunto de princípios acerca de como os procedimentos deveriam ser gerenciados em um sistema complexo; outro destinado a avaliar a percepção acerca da extensão pela qual os princípios realmente são usados; (e) uma reunião de retorno dos resultados da avaliação aos membros do sistema sócio-técnico; (f) elaboração de recomendações para melhorar a gestão de procedimentos. A aplicação do protocolo é ilustrada por meio de um estudo de caso na sala de controle de uma refinaria de petróleo.

Palavras-Chaves: Procedimentos, Sistemas Sócio-Técnicos Complexos, Refinaria de Petróleo, Centros de Controle, Resiliência.

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is to introduce a protocol for assessing the compatibility between the procedures management and the complexity of a socio-technical system in which these are applied to. This protocol consist of the following steps: (a) definition of the socio-technical system to be studied, (b) characterization of socio-technical system, (c) characterizing of the system under study complexity, (d) applying two questionnaires of different kinds to the members of the system investigated, one of them to assess the perceptions in relation to a set of principles about how the procedures should be managed in a complex system, and another designed to assess the perception of the extent to which the principles are actually used, (e) carrying out a return meeting of the assessment results to the members of socio-technical system, (f) developing of recommendations to improve management procedures. The application of the protocol is illustrated through a case study in an oil refinery control room.

Key words: Procedures, Socio-Technical Complex Systems, Oil Refinery, Control Room, Resilience.

SUMÁRIO

CAPITULO I – INTRODUÇÃO.....	9
CAPITULO II – ARTIGO I.....	15
CAPITULO III – ARTIGO II.....	57
CAPITULO IV – ARTIGO III.....	80
CAPITULO V – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS...	146
REFERÊNCIAS.....	150
APÊNDICE A.....	154
APÊNDICE B.....	158
APÊNDICE C	161

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Os sistemas produtivos têm assumido dimensões crescentes, seja em termos espaciais, sociais ou econômicos, tornando cada vez mais difícil a sua compreensão e controle. Rasmussen (1997) apresenta quatro fatores que não estavam presentes nas condições estáveis do passado e surgem a partir da presente dinâmica da sociedade, quais sejam: (a) evoluções tecnológicas frequentes em vários domínios, como transporte, navegação, manufatura e na indústria de processos; (b) aumento na escala das instalações industriais; (c) alto nível de interdependência entre os sistemas, devido ao desenvolvimento de tecnologia de informação e comunicação; (d) aumento da competitividade das organizações dentro do mercado.

No âmbito dos sistemas sócio-técnicos, diversas características de complexidade estão presentes em muitas organizações, tais como decisões tomadas sob incerteza (HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS e HOLLNAGEL, 2005), existência de componentes operando em proximidade física (PERROW, 1984), e presença de expressiva quantidade de elementos que interagem dinamicamente dentro de cada sistema (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011). No entanto, essas organizações muitas vezes não são gerenciadas de modo compatível com a sua complexidade (DEKKER, 2005; WOODS e HOLLNAGEL, 2005, PERROW, 1984).

Uma série de acidentes na indústria petroquímica, nuclear e na aviação, apresentados por diversos autores (PARIÈS, 2011; PERROW, 1984; SNOOK, 2000; DEKKER, 2011, BAKER, 2007), apontam que, em sistemas como esses, considerados complexos, a complexidade traz efeitos positivos e negativos. Como exemplo positivo, pode-se citar o aumento de eficiência no uso de recursos, à redução das folgas, robustez para lidar com a variabilidade e múltiplas funções desempenhadas por um mesmo componente do sistema. Por outro lado, podem ser citados como efeitos negativos, tanto a dificuldade de prever os estados futuros do sistema, quanto a rápida propagação de problemas e distúrbios operacionais, devido à maior integração e dependência dos elementos que compõem o meio (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984).

Entre os recursos utilizados para melhorar o desempenho de sistemas complexos, e minimizar a probabilidade de acidentes, encontra-se o desenvolvimento de procedimentos padronizados. Diversos autores têm salientado a contribuição da padronização como um meio de reduzir a variabilidade, incorporar boas práticas às rotinas de trabalho, estabelecer um referencial para a melhoria contínua e facilitar as tarefas de planejamento e controle (CHRISTOFFERSEN e WOODS, 1999; DEKKER, 2005; LIKER, 2005; LIKER; MEIER, 2006).

Em determinados setores da indústria, como o automotivo, a utilização de procedimentos padronizados, pelos operadores da linha de frente, é facilitada em função da relativa simplicidade e repetitividade de suas tarefas (LIKER, 2005; HAFEY, 2010). Por outro lado, em ambientes de maior variabilidade e mais complexos, é mais difícil seguir procedimentos rígidos em tempo integral (BERGSTROM et al. 2009).

A gestão de procedimentos é abordada sob diversas perspectivas. Há os trabalhos que tratam do assunto na ótica da produção enxuta, que interpreta a gestão de procedimentos como um dos elementos fundamentais desse tipo de sistema de produção, o qual tem sido adotado como referência por empresas de diversos setores (LIKER, 2005; SPEAR e BOWEN, 1999; HAFEY 2010). Há aqueles trabalhos que tratam da filosofia subjacente à gestão de procedimentos, contribuindo para explicar porque eles nem sempre são cumpridos (DEKKER, 2003; DEKKER, 2005; CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999). Também existem aqueles que tratam da gestão de procedimentos em domínios específicos, como Degani e Wiener (1997) que discutem a gestão de procedimentos em um *cockpit* de um avião e Badack e Drews (2011) que tratam da gestão de procedimentos na área médica.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Em diversos casos, os procedimentos costumam não ser cumpridos. DEKKER (2005) afirma que isso não se deve à falta de qualificação ou má vontade das pessoas, mas normalmente à incompatibilidade entre os procedimentos e o contexto em que eles são usados. De fato, os ambientes de trabalho, especialmente em sistemas complexos, possuem uma variabilidade maior que os procedimentos podem incorporar (DEKKER, 2003; DEKKER, 2005; BERGSTROM et al. 2009). Dessa forma, mesmo o

cumprimento de um procedimento pode não ser suficiente para evitar acidentes (SNOOK, 2000).

Os procedimentos geralmente são criados partindo da lógica que esses estarão inseridos em um meio onde tudo ocorrerá conforme o previsto, sem variações ou distúrbios na execução das tarefas (DEKKER, 2003). Contudo, uma vez que esses pressupostos geralmente não se manifestam na prática, o descumprimento de um procedimento não necessariamente deve ser interpretado como algo negativo. De fato, a adaptação de procedimentos pode ser interpretada como um exemplo de resiliência, a qual pode ser definida como a habilidade de um sistema em ajustar o seu funcionamento, antes, durante ou após mudanças e perturbações, de modo a manter as operações necessárias tanto sob condições esperadas quando inesperadas (HOLLNAGEL, 2011). A resiliência tem sido enfatizada por diversos estudos como uma característica importante para a segurança de sistemas complexos (WEICK, 2001; DEKKER, 2003; WOODS e HOLLNAGEL, 2005, HOLLNAGEL, 2011). Dessa forma, é importante a existência de mecanismos para avaliação da compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados.

Diversos trabalhos (CHRISTOFFEREN; WOODS, 1999; DEKKER, 2005; DEKKER 2003; DEKKER, 2011) apontam a necessidade de compatibilizar os elementos que compõem um sistema sócio-técnico, tais como procedimentos, interfaces homem-máquina, sistemas de comunicação, treinamentos, medição de desempenho, entre outros. No entanto, tais trabalhos não apontam métodos que indiquem como avaliar e operacionalizar essa compatibilidade.

Como um pré-requisito para avaliar a compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico, salienta-se a necessidade de caracterizar a complexidade do sistema. Diversos estudos (HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS; HOLLNAGEL, 2005) apresentam características genéricas de sistemas complexos, porém raramente os autores demonstram, com base em dados empíricos primários, como um sistema sócio-técnico real pode ser descrito segundo as características propostas. Por exemplo, Dekker (2011) ilustra as características de sistemas complexos com base na análise da ação de traficantes na

África. Similarmente, Cilliers (1998) discute a complexidade no mercado financeiro por meio de caracterizações genéricas e vagas sobre esse sistema.

Outro pré-requisito para avaliar a compatibilidade entre procedimentos e complexidade é o estabelecimento de uma clara referência acerca de como a gestão de procedimentos deveria ocorrer em um sistema complexo. Nesse sentido, há uma substancial literatura que discute as limitações dos procedimentos em sistemas lineares e apresenta princípios de gestão dos mesmos em sistemas complexos (BERGSTROM et al., 2009; DEKKER, 2005; DEKKER, 2011; PARIÈS, 2011; SNOOK, 2000; DEGANI; WIENER, 1997).

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

O contexto em que se insere a pesquisa, assim como o problema abordado pela mesma, indica que a principal questão da pesquisa deve ser enunciada como segue: como avaliar a compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a natureza de um sistema complexo?

Duas questões secundárias, que são desdobramentos da questão principal, podem ser salientadas:

- a) Como caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico?
- b) Quais os princípios para gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos?

1.4 OBJETIVOS

O objetivo principal desta dissertação é desenvolver um protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados. O trabalho apresenta, também, dois objetivos específicos:

- a) Desenvolver recomendações para caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico;
- b) Desenvolver princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, com base na revisão da literatura.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

A dissertação está composta de três artigos a serem submetidos a periódicos de engenharia de produção, fatores humanos e gestão da segurança. Cada artigo é representando por um capítulo da dissertação (II, III e IV), sendo que o primeiro capítulo é uma introdução composta pelo contexto e principais questões trabalhadas na pesquisa. O quinto capítulo é composto pelas conclusões da dissertação.

Os três artigos tratam de responder as questões de pesquisa, assim como alcançar os objetivos determinados para a mesma. Os artigos foram concebidos de forma que sejam independentes, sendo assim um não depende do outro para ser entendido, fato que implicou em repetições de alguns parágrafos ao longo dos diferentes artigos. A Figura 1 apresenta a relação de quais artigos levantam os objetivos principal e específicos da pesquisa.

Objetivo principal	Artigo
Desenvolver um protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados.	Artigo 3
Objetivos específicos	Artigo
Desenvolver protocolo para caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico.	Artigo 1
	Artigo 3
Desenvolver princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, com base na revisão da literatura.	Artigo 2
	Artigo 3

Figura 1 Relação dos artigos que tratam dos objetivos, principal e específicos da pesquisa

O primeiro artigo trata da caracterização de sistemas complexos. O objetivo do artigo é desenvolver um protocolo para caracterização de complexidade em sistemas sócio-técnicos. A aplicação do protocolo é ilustrada por meio da utilização do mesmo para a análise das atividades desenvolvidas no centro de controle de um setor de uma refinaria de petróleo.

O segundo artigo tem como objetivos: (a) compilar, com base em uma revisão da literatura, princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, (b) discutir a relação entre os princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos com as características de complexidade consistentemente apresentadas na literatura.

O terceiro artigo trata do desenvolvimento de um protocolo de avaliação da compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema em que esses são empregados. A aplicação do protocolo também é ilustrada por meio da utilização do mesmo para a análise das atividades desenvolvidas no centro de controle de um setor de uma refinaria de petróleo.

1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

A presente dissertação não enfatiza o tema de como tornar compatível a gestão de procedimentos com a complexidade do sistema, se limitando a tratar da avaliação de tal compatibilidade. Da mesma forma, o trabalho não avalia a compatibilidade entre procedimentos e sistemas sem características de complexidade. Uma terceira limitação se refere ao fato de apenas um estudo de caso ter sido realizado para testar o protocolo em condições reais, de modo que não foram investigadas necessidades de adaptações do mesmo para outros domínios. Como quarta limitação, o protocolo foi aplicado pelo próprio pesquisador que concebeu o mesmo, de modo que a compreensão acerca das dificuldades de aplicação ficou restringida.

**CAPITULO II – ARTIGO 1: CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE DE
SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS: UM STUDO DE CASO NO CENTRO DE
CONTROLE DE UMA REFINARIA DE PETRÓLEO**

Caracterização da complexidade de sistemas sócio-técnicos: um estudo de caso no centro de controle de uma refinaria de petróleo

1 INTRODUÇÃO

Avanços tecnológicos, econômicos e sociais têm tornado a sociedade, em suas diversas áreas, mais dinâmica (HEYLIGHEN et al., 2007). Diante dessa realidade, as organizações passam a estar mais interligadas, tanto com seu ambiente externo, quanto internamente. Os sistemas produtivos têm assumido dimensões crescentes, seja em termos espaciais, sociais ou econômicos, tornando cada vez mais difícil a sua compreensão e controle. Rasmussen (1997) apresenta quatro fatores que aceleram a presente dinâmica da sociedade, quais sejam: (a) mudanças tecnológicas em um passo muito rápido em vários domínios, como transporte, navegação, manufatura e na indústria de processos; (b) aumento nas escalas de instalações industriais; (c) alto nível de integração nos sistemas devido ao desenvolvimento de tecnologia de informação e comunicação; (d) aumento da agressividade e competitividade das organizações dentro do mercado.

Estudos de acidentes envolvendo a indústria nuclear, indústria petroquímica e aviação (PARIÈS, 2011; PERROW, 1984; SNOOK, 2000) têm indicado que a natureza dos respectivos sistemas sócio-técnicos exerceu um papel fundamental na ocorrência dos eventos. De fato, indústrias como as citadas são caracterizadas por grande interdependência entre as operações, assim como pela contínua mudança de demandas e recursos, exigindo filosofias e ferramentas de gestão compatíveis com essa realidade (HEYLIGHEN, 2002).

Os métodos científicos tradicionais, os quais são baseados na análise determinista e reducionista advindos de uma abordagem Newtoniana clássica, investigam um fenômeno de forma isolada, com a expectativa de conhecimento completo sobre o mesmo (HEYLIGHEN et al., 2007). Esses métodos têm se revelado ineficazes para compreender e gerenciar sistemas que não obedecem aos princípios deterministas Newtonianos. De fato, a percepção acerca das limitações da visão científica tradicional (Newtoniana) não é recente. Inicialmente, tais limitações foram percebidas por físicos e matemáticos, que se depararam com a incapacidade da visão Newtoniana em explicar e prever o comportamento de fenômenos naturais, como o clima e o movimento das

partículas do átomo. Na sequência, outras áreas da ciência perceberam a crescente incompatibilidade entre a visão científica dominante e a dinâmica da sociedade moderna (HEYLIGHEN et al., 2007).

Com a finalidade de desenvolver uma ciência capaz de incluir a dinamicidade dos fenômenos naturais e sociais, vem sendo desenvolvido, há várias décadas, um ramo da ciência denominado teoria dos sistemas complexos (CILLIERS, 1998). Uma vez que sistemas complexos são encontrados em diversos campos do conhecimento, as raízes da teoria da complexidade são diversas, incluindo ciência da computação, física quântica, biologia evolucionista, estudo de dinâmicas não lineares e sociologia, entre outras (HEYLIGHEN, 1997; ÈRDI, 2008).

Sob a perspectiva da ergonomia, a teoria da complexidade tem sido adotada em diversos estudos, especialmente para auxiliar a compreensão de acidentes sistêmicos (PERROW, 1984; SNOOK, 2000; DEKKER, 2005), e para orientar, conceitualmente, o projeto de interações homem-máquina (WOODS; HOLNAGGEL, 2005; CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999; COOK et al., 2007). Em que pese a crescente disseminação da teoria da complexidade no âmbito da ergonomia, os estudos normalmente não se preocupam em demonstrar, sistematicamente, por meio de métodos de pesquisa replicáveis e auditáveis, como, em quais dimensões e em que extensão os sistemas de interesse são de fato complexos (SNOOK, 2000; BAKER, 2007; PERROW, 1984; DEKKER, 2011; PARIÈS, 2011; WOODS et al. 1994). Tais estudos costumam assumir que certos sistemas são complexos e deveriam ser assim gerenciados, sem investigar sistematicamente a complexidade nas suas diversas dimensões. A falta de uma estrutura de análise de sistemas complexos, compartilhada e disseminada no campo da ergonomia, dificulta a comparação entre diferentes estudos, bem como dificulta a abstração das particularidades da complexidade em cada domínio. De fato, enquanto pode ser assumido que todos os sistemas sócio-técnicos têm certo nível de complexidade, as dimensões de complexidade, e a intensidade de suas características, provavelmente variam substancialmente entre os diferentes domínios. Por exemplo, Williams (1999) discute as características particulares da construção civil que geram complexidade. Cilliers (1998) discute as características do mercado financeiro que geram complexidade, bem como, Pavard e Dugdale (2006) que trazem as características

das comunicações em sistemas cooperativos que geram complexidade. Contudo, os estudos nos diferentes setores usam estruturas de análise substancialmente diferentes.

Woods e Hollnagel (2005) consideram complexidade como um termo que é difícil de ser definido, e que usualmente acaba sendo utilizado sem definição. Os termos utilizados para descrever sistemas complexos provêm da variedade de áreas do conhecimento que tem estudado esse assunto (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007; DEKKER, 2011).

Contudo, diversas características de sistemas complexos são repetidamente citadas por diversos estudos, tais como: a existência de interações não lineares (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007), o fato de sistema complexo possuir história (CILLIERS, 1998), a existência de componentes operando em proximidade física (PERROW, 1984) e incerteza na obtenção de informações (HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS; HOLLNAGEL, 2005). A variedade de definições e características atribuídas aos sistemas complexos cria a necessidade de que elas sejam compiladas. Dessa forma, também é necessário comparar as características de sistemas complexos que são citadas de modo fragmentado, e às vezes usando termos ligeiramente diferentes, em diferentes estudos.

Apesar da importância da visão da complexidade, faltam meios sistemáticos para orientar os pesquisadores a caracterizarem sistematicamente a complexidade de um sistema sócio-técnico. O objetivo do presente artigo é, portanto, propor recomendações para obter evidências da presença de características de um sistema complexo. A aplicação dessas recomendações é ilustrada por meio de um estudo de caso no centro de controle de um setor de Logística em uma refinaria de petróleo.

2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COMPLEXOS

A variedade de definições e características atribuídas aos sistemas complexos cria a necessidade que elas sejam compiladas. Assim, foi criada a Tabela 1, que apresenta uma relação de características de sistemas complexos, com base em autores que investigam esse assunto sob a perspectiva dos sistemas sócio-técnicos (DEKKER, 2011; PERROW, 1984; WOODS & HOLLNAGEL, 2005) e aqueles que investigam o assunto sob uma perspectiva filosófica (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007; PRINGLE, 1951).

Com base na Tabela1 foram escolhidas as sete características que foram abordadas por no mínimo três publicações. Essas características são apresentadas a seguir:

- a) Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo. Dessa forma, a evolução ao longo do tempo é uma característica chave de um sistema complexo (CILLIERS, 1998; PERRROW; 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011).
- b) Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007; DEKKER, 2011). Na medida em que os sistemas evoluem, eles normalmente aumentam em tamanho, em número de funções que exercem e passam a operar em ambientes mais hostis, aumentando suas interações com outros sistemas. Essas interações começam a seguir caminhos ramificados e a desenvolver características não-lineares. Interações lineares são aquelas em que as sequências são previsíveis e facilmente rastreáveis (PERRROW,1984), de maneira oposta as não-lineares, são as interações onde os resultados das ações não são de fácil rastreabilidade e pequenas causas podem gerar impactantes resultados (CILLIERS, 1998). A não linearidade é um conceito que advém da matemática e se refere ao tipo de equações onde aparecem pelo menos um termo que não está na primeira potência (STROGATZ, 1994). Por exemplo, a Equação 1 é linear enquanto a Equação (2) e (3) são não lineares. Verificando os gráficos resultantes das funções apresentadas é possível compreender o porquê da utilização da expressão relações não-lineares quando se trata de sistemas sociais. Essa expressão está relacionada com a condição de que as ações realizadas em sistemas sócio-técnicos complexos nem sempre são de fácil previsibilidade, por exemplo se pode observar o comportamento da Equação 3 e pequenas causas podem se propagar de forma relevante, o que fica evidenciado na Equação 2 onde a variável y alcança um valor dez vezes maior que sua variável x .

$$y = x \tag{1}$$

$$y = x^2 \tag{2}$$

$$y = \cos x \tag{3}$$

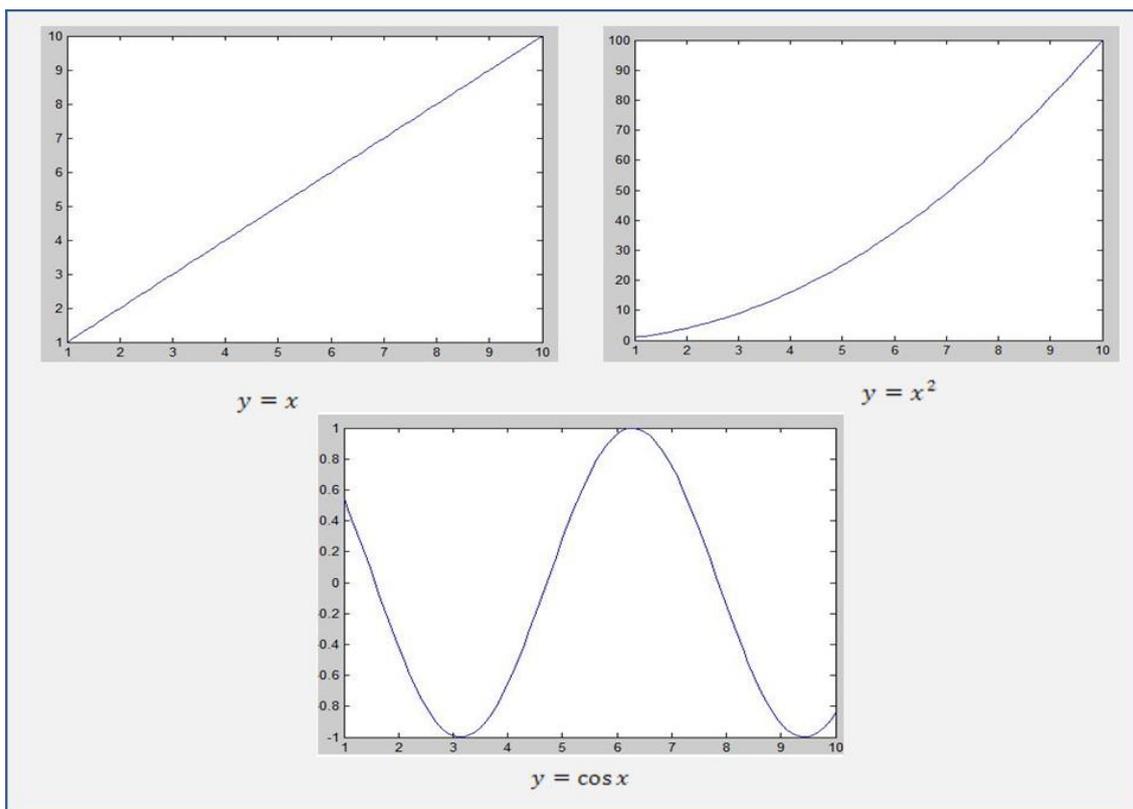


Figura 1 Gráfico das funções nomeadas como Equações 1, 2 e 3

- c) Presença de circuitos fechados (*feedback loops*) locais, ou seja, uma atividade desenvolvida em um determinado momento e local dentro de um sistema complexo pode retroalimentar o sistema, havendo assim um retorno positivo ou negativo, ocasionado pela ação executada anteriormente. A natureza (positiva ou negativa) e intensidade do retorno são moduladas pela natureza e intensidade das interações ao longo do *feedback loop* (CILLIERS, 1998; PERRROW, 1984; WOODS; HOLLNAGEL, 2005).
- d) O ambiente externo do sistema exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim, há uma troca dinâmica do que ocorre com o sistema e fora dele (CILLIERS, 1998; PERRROW, 1984; DEKKER, 2011).
- e) Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema (CILLIERS, 1998, DEKKER, 2011).
- f) As decisões e ações em sistemas complexos são realizadas sob incerteza. Em parte, isso se deve ao fato de que as informações podem advir de inferências ou fontes indiretas. Sendo assim, sistemas complexos não podem ser completamente descritos, havendo sempre lacunas a serem descobertas

(HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERRROW, 1984; WOODS; HOLLNAGEL, 2005).

- g) Há componentes operando em modo comum, ou seja, componentes que servem a diversas funções simultaneamente, o que aumenta as possibilidades de interações (PERRROW, 1984; CILLIERS, 1998; DEKKER, 2011). Como exemplo de componente operando em modo comum, Perrow (1984) cita trocadores de calor em indústrias petroquímicas, onde para haver uma otimização energética, são colocados em contato correntes de fluidos frios do processo, que devem ser aquecidos, com fluidos quentes do processo, que devem ser resfriados.

Vale salientar a diferença entre sistemas complexos e sistemas complicados (DEKKER 2011; WOODS; HOLLNAGEL, 2005;). Dekker (2011) considera que tanto sistemas complicados como complexos possuem características em comum, como a de possuir um grande número de interações entre os componentes que os compõem, ou a de serem suscetíveis a sucessos advindos de intervenção tecnológica ou gerencial. No entanto, diferentemente dos sistemas complexos, um sistema complicado é totalmente controlável e passível de modelagem. Por exemplo, um avião estacionado dentro de um hangar, pode ser considerado um sistema complicado. Isso se dá devido ao grande número de elementos que o compõem e a possibilidade de compreender como tais elementos interagem fisicamente. No entanto, a mesma aeronave durante um voo passa a ser um exemplo de sistema complexo, já que esse interage com demais sistemas e elementos como as condições climáticas e até mesmo as decisões tomadas por pessoas como controladores de vôos e pilotos, que trazem imprevistos que tornam impossível a completa previsibilidade e controlabilidade de tal sistema.

Também vale salientar que, visto que um sistema complexo está em constante mudança, é possível que o mesmo apresente, em certas áreas ou momentos, características lineares. Similarmente, um sistema que normalmente é linear, pode eventualmente apresentar características complexas. Assim, ao invés de caracterizar um dado sistema como sendo sempre de um tipo ou outro, o mais correto seria afirmar que, sob determinadas condições ou em determinado período, o sistema é complexo ou não (PERRROW, 1984; CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN, 2002). De fato, avaliando uma série de relatórios de acidentes, Perrow (1984) estima que, mesmo em sistemas

complexos, apenas 10% dos elementos possuem interações com características de complexidade. No entanto, tais 10% podem significar um número enorme de possíveis interações em um sistema com muitos elementos.

Tabela 1 Características de sistemas complexos

Características	Publicações				
	Cilliers, 1998	Perrow, 1984	Woods e Hollnagel, 2005	Heylighen et al. 2007	Dekker, 2011
Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros.	X	X			X
Sistema complexo possui etapas de produção próximas.		X			
Sistema complexo possui conexões variadas entre componentes que operam em modo comum sem uma sequência de produção.	X	X			X
Um sistema complexo exige especialização de pessoal.		X			
Elementos devem interagir em um sistema complexo e essa interação deve ser dinâmica.	X	X			
Sistema complexo possui interações que são não lineares.	X			X	X
As interações, em um sistema complexo, possuem um alcance relativamente curto.	X				
Há circuitos fechados nas interações em sistemas complexos.	X	X	X		
Sistemas complexos são usualmente sistemas abertos.	X	X			X
Sistemas complexos operam sob condições longe do equilíbrio.	X				X
Sistemas complexos têm história.	X		X		X
Qualquer elemento do sistema é ignorante sobre o comportamento do sistema como um todo.	X	X	X	X	X

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de caracterização da complexidade, objetivo principal desse artigo, foi desenvolvido e testado por meio de um estudo de caso no setor de Logística de uma refinaria de petróleo. O setor petroquímico foi escolhido devido aos seguintes motivos: ser um sistema apontado na literatura como complexo (PERROW, 1984, DEKKER, 2005); interesse da refinaria em desenvolver melhorias nos seus processos gerenciais; a familiaridade do pesquisador que coletou os dados com o domínio em questão, na medida em que possui formação em engenharia química.

Previamente ao início da coleta de dados de campo, houve um encontro com três representantes da empresa (representante da gestão da segurança e meio ambiente, representante do setor de automação e controle e representante do setor da logística da refinaria), no qual a proposta de pesquisa e conceitos de complexidade foram apresentados. Nessa mesma reunião, os representantes da empresa indicaram o centro de controle do setor da logística como um provável sistema que possuía as características de complexidade previamente apresentadas. Dessa forma, ficou delimitado o sistema sócio-técnico a ser pesquisado, ou seja, o trabalho dos operadores do centro de controle no setor da Logística. Foram delimitados os limites físicos do sistema em estudo, esses são a sala onde o centro de controle se encontra, bem como, as áreas industriais onde o setor da logística atua.

Escolhido o sistema para estudo, foi realizada uma caracterização dos quatro subsistemas que compõem o sistema sócio-técnico de interesse (HENDRICK; KLEINER, 2001;): (a) social; (b) técnico; (c) organizacional; e (d) ambiente externo. A Figura 2 apresenta as evidências e fontes de evidências utilizadas para caracterizar os subsistemas.

Após a caracterização dos subsistemas, foi analisada a complexidade do sistema com base nas sete características de um sistema complexo apresentadas na seção 2. A avaliação foi qualitativa, com base em entrevistas, documentos e observações. A Figura 3 apresenta as características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para a sua análise.

Sub-sistema	Evidências	Fontes de Evidências
Social	Quantidade de operadores; sexo; idade; escolaridade; tempo de experiência.	Lista de dados do efetivo.
Técnico	Equipamentos utilizados; grau de atualização tecnológica; frequência de utilização e manutenção dos equipamentos.	Lista de Instrumentos; Documentos de comunicação interna (apresentação de resultados anuais da empresa, comunicação de incidentes, solicitação de revisão de procedimentos); Observações locais; Perguntas durante a operação.
Organizacional	Cargo ocupado por cada integrante do sistema; Regime de Trabalho (carga, turno, salário/forma de remuneração, prêmios por desempenho, critérios para prêmios); Treinamentos recebidos (tipo, duração, conteúdo, periodicidade); Procedimentos prescritos e tácitos utilizados (quantidade, forma de revisão, conteúdo); Presença de trabalho em equipe, entre que pessoas/setores; Dificuldade de execução.	Manuais de Operação; Procedimentos; Observações locais; Perguntas durante operação; Consulta a supervisores e gerentes; Fluxograma de processo. Relatórios de incidentes.
Ambiente Externo	Fatores externos, que eventualmente influem no sistema. Por exemplo clima, pressões da sociedade, meio ambiente, condições políticas e econômicas. Impacto das atividades das demais unidades/plantas nas suas atividades. Pressão de clientes.	Relatórios de incidentes; Observações locais; Perguntas durante operação;

Figura 2 Evidências e fontes de evidências caracterização dos subsistemas sócio-técnicos

A coleta de dados foi realizada ao longo de dois meses (10 visitas) e consumiu aproximadamente 55 horas. Nesse período, o pesquisador geralmente ficava posicionado no centro de controle nas proximidades dos operadores, observando e analisando primeiramente as características dos subsistemas sócio-técnicos, e após essa etapa as características da complexidade. Os momentos de observações também envolveram conversas informais com os operadores, sendo possível realizar perguntas acerca do funcionamento do sistema. Quanto aos documentos, 60 deles foram

analisados, dentre procedimentos gerais da empresa, procedimentos específicos do setor, manuais de equipamentos, relatórios de incidentes e diagramas de processo. Complementando a coleta de dados, foi utilizado o Método das Decisões Críticas (MDC), com a finalidade de agregar informações a respeito da caracterização dos subsistemas sócio-técnicos, e fornecer evidências complementares para a análise das características da complexidade. O MDC é constituído de quatro etapas: identificação de um evento desafiador onde houve um processo de tomada de decisão, elaboração da linha do tempo dos fatos que ocorreram no evento, aprofundamento no entendimento do caso através do esclarecimento de dúvidas e, finalmente, uma série de questionamentos condicionais do tipo “e se... o que você faria” (CRANDALL; KILEIN; HOFFMAN 2006; O’CONNOR et al., 2008).

A aplicação do MDC foi realizada através de entrevistas à três supervisores e dois operadores que também possuíam função de supervisores interinos do setor em estudo, já que havia dois supervisores que estavam de férias no período das entrevistas. Ao total, o setor possui 5 supervisores e 5 operadores com função de supervisor interino. Os operadores não foram entrevistados, pois não tinham disponibilidade de tempo para tanto, especialmente considerando que as entrevistas por meio do MDC geralmente são longas. Totalizou-se aproximadamente 5 horas de entrevistas, que não puderam ser gravadas em função de solicitação dos entrevistados.

A análise dos dados coletados possibilitou evidenciar as características da complexidade do sistema em estudo. No entanto, conforme já comentado (ver seção 2.), um sistema complexo é dinâmico e possui um grande número de elementos e interações, também incluindo características de sistemas lineares. Dessa forma, a análise também salienta evidências de linearidade identificadas no sistema sócio-técnico investigado.

Ao final do levantamento dos dados, os resultados foram apresentados aos três representantes que participaram da reunião inicial. Em uma reunião que durou uma hora e trinta minutos, foram discutidos os resultados, oportunidades de melhorias e limitações da pesquisa.

Características da Complexidade	Fontes de Evidências		
<p>Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo, dessa forma o sistema deve mudar com o tempo.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de operação; fluxograma de processo; Documentos de comunicação interna.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Com que intensidade são realizadas as trocas de informações no posto de trabalho? A frequência das interações varia com o tempo? É observada uma evolução ou mudança no sistema ao longo do tempo?</p>	<p><u>Observações</u> Observar e registrar número de elementos integrantes do sistema. Observar frequência de interações entre os elementos. Observar acoplamento das interações entre elementos, com base no correlacionamento de diferentes variáveis do processo.</p>
<p>Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Fluxograma de Processo; Procedimentos Operacionais Padronizados;</p>	<p><u>Entrevistas</u> As variáveis do sistema (temperaturas, pressões, níveis, vazões) normalmente operam longe ou próximo de uma situação de equilíbrio operacional? O que você faz quando os procedimentos não são aplicáveis?</p>	<p><u>Observações</u> Observar como os procedimentos são seguidos pelos operadores. Realizar comparação entre as ações executadas e o planejado. Observar saltos de uma seqüência de atividades para outras, com base no que os procedimentos previam que ocorresse e o que de fato ocorreu.</p>
<p>Presença de circuitos fechados, ou seja uma atividade desenvolvida em um determinado momento dentro de um sistema complexo pode retroalimentar o sistema havendo assim um retorno positivo ou negativo, ocasionado pela ação executada anteriormente.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Fluxograma de Processo; Relatório de Incidentes.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Há retroalimentações nas atividades desenvolvidas? É cotidiano uma ação desencadear uma série de demais ações, resultantes da primeira?</p>	<p><u>Observações</u> Observar eventos que possuam circuitos fechados. Observar aparecimento de reações tanto estimulantes quanto inibidoras no posto de trabalho.</p>

Figura 3 Características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para avaliar as mesmas

<p>O ambiente externo do sistema exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim a uma troca dinâmica do que ocorre com o sistema e ao redor dele.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Documentos de Comunicação Interna; Manual de Treinamentos.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Fatores externos influenciam na execução da tarefa? Quais são os que mais exercem essa influência? Em que Intensidade?</p>	<p><u>Observações</u> Observar influencia do ambiente externo no sistema. Identificar quais os principais elementos do ambiente externo que influenciam no sistema.</p>
<p>Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Documentos de comunicação Interna; Procedimentos Operacionais Padronizados; Manual de Treinamentos; Relatórios de Incidentes.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema? Incidentes, mudam ou influenciam a maneira com que as tarefas são desenvolvidas por vocês?</p>	<p><u>Observações</u> Observar mudanças no modo de desenvolver tarefas dos trabalhadores causados por incidentes passados.</p>
<p>Sistemas complexos possuem incerteza na obtenção de informações, sendo que essas podem advir de inferências ou fontes indiretas.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Fluxograma de Processo; Manual de Operação; Diagramas de Instrumentação.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Você confia na instrumentação utilizada para desenvolver o trabalho? As informações transmitidas ao realizar as tarefas são confiáveis?</p>	<p><u>Observações</u> Observar instrumentos que possuam incerteza na informação. Observar a presença de inferências. Observar quantidade e qualidade de informação passada ao operador.</p>
<p>Existência de componentes operando em modo comum, facilitando a riqueza das interações entre elementos.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Fluxograma de Processo; Manual de Operação; Manual de Treinamento.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Há elementos operando em modo comum? Quais são?</p>	<p><u>Observações</u> Observar a existência de elementos operando em modo comum.</p>

Figura 3(Continuação) Características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para avaliar as mesmas

4 RESULTADOS

4.1 Resumo do Processo do Refino do Petróleo

A refinaria em estudo foi inaugurada no final da década de 60, iniciando suas operações no auge da expansão do projeto estatal do setor petrolífero. Dessa forma, ajudando a alterar a relação comercial brasileira no segmento energético e de combustíveis, já que o Brasil com a criação das primeiras unidades de refino passou a importar mais petróleo bruto e menos derivados (WTRHEE, 2011). Em 2001, a refinaria começa obras de ampliação que foram concluídas no segundo semestre de 2006, aumentando sua capacidade de processamento de petróleo de 20 mil para os atuais 30 mil m³/dia.

O petróleo bruto chega à refinaria e é armazenado em tanques com capacidade individual próxima a 80 mil m³. Uma amostra é analisada pelo laboratório da refinaria para determinar suas características, já que existem diferentes tipos de petróleo com diversas especificações e que podem possuir comportamentos distintos no processo. Analisado, o petróleo passa pela primeira etapa do processo que é a dessalgação, na qual são retirados água e sais dissolvidos. A seguir, o petróleo é aquecido dentro da unidade de destilação e enviado para uma torre de destilação, onde ocorre a primeira separação dos derivados. As frações mais pesadas do petróleo constituem resíduos que são bombeados para um forno, para novo aquecimento. Após, os resíduos são enviados para uma torre de destilação à vácuo, processo que gera uma segunda safra de derivados, gasóleos e um novo resíduo. O gasóleo é a matéria-prima para a unidade de craqueamento, onde a estrutura molecular do gasóleo é rompida em moléculas menores, resultando no GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e gasolina, os derivados nobres do petróleo. A Figura 4 representa um fluxograma simplificado do processo do refino do petróleo.

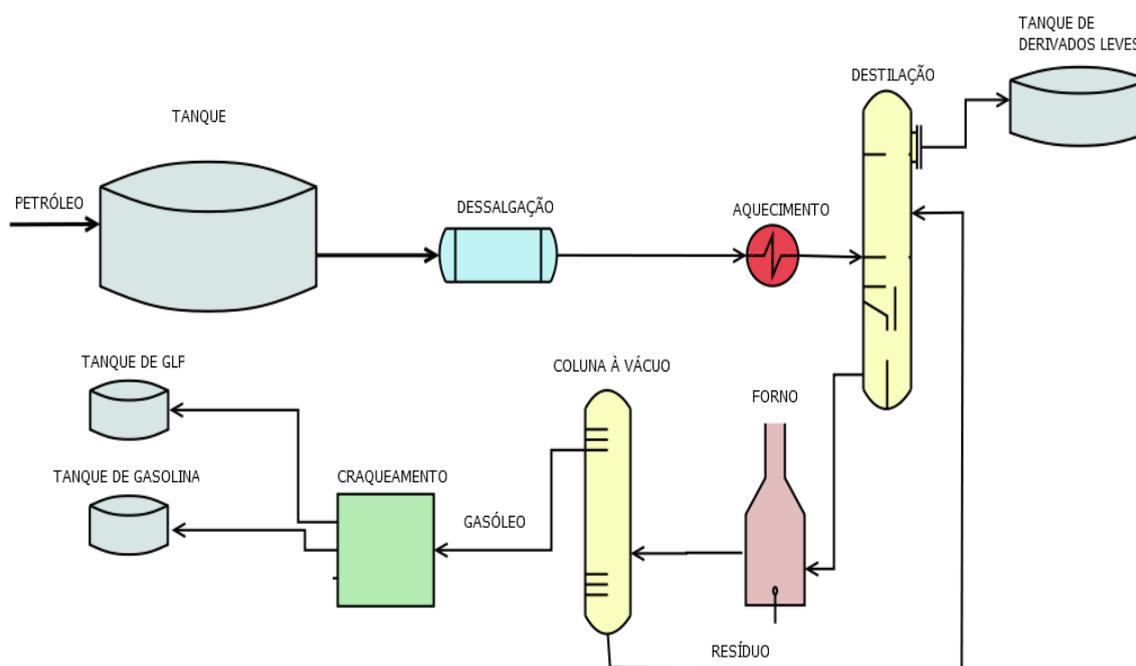


Figura 4 Fluxograma simplificado do processo do refino do petróleo

4.2 Descrição do Setor da Logística da Refinaria

O setor de logística cumpre diversas funções na refinaria investigada, quais sejam: (a) interface entre o abastecimento do petróleo e os setores de destilação e craqueamento, ou seja, realizar o armazenamento dos produtos da destilação que servirão de matéria prima para o craqueamento; (b) programar entrega dos produtos via oleodutos da refinaria com os clientes externos que são as distribuidoras de combustíveis, navios petroleiros localizados em um terminal em alto mar e unidades petroquímicas pertencentes a outras empresas do setor; (c) gerenciar a armazenagem de petróleo em tanques; (d) controle e monitoramento de oleodutos; (e) envio de matérias-primas para as unidades de destilação e craqueamento; (f) armazenagem e mistura em seus respectivos tanques de derivados de petróleo que são querosene de aviação (QAV-1), gasolina, diesel, nafta petroquímica, asfalto e óleo combustível; (g) drenagem de tanques; (h) expedição de produto final; (i) tratamento de despejos industriais; (j) controle das unidades de alívio de pressão (sistema de tochas).

O posicionamento da logística dentro do organograma da empresa é representado na Figura 5. Nela é possível observar que a logística se encontra no mesmo nível organizacional que outros três setores da refinaria, destilação, craqueamento e

utilidades. Contudo, a logística, assim como a utilidades, cumpre uma função de suporte para a produção. Dessa forma em muitas decisões corporativas a logística possui um poder de influência menor que a destilação e o craqueamento que são setores diretamente envolvidos na produção.

O setor em estudo é composto por seis áreas operacionais que operam em três turnos diários, além de uma área administrativa que trabalha apenas um turno por dia. As atividades desenvolvidas em cada área operacional, assim como o número de operadores por turno, estão apresentados na Tabela 2.

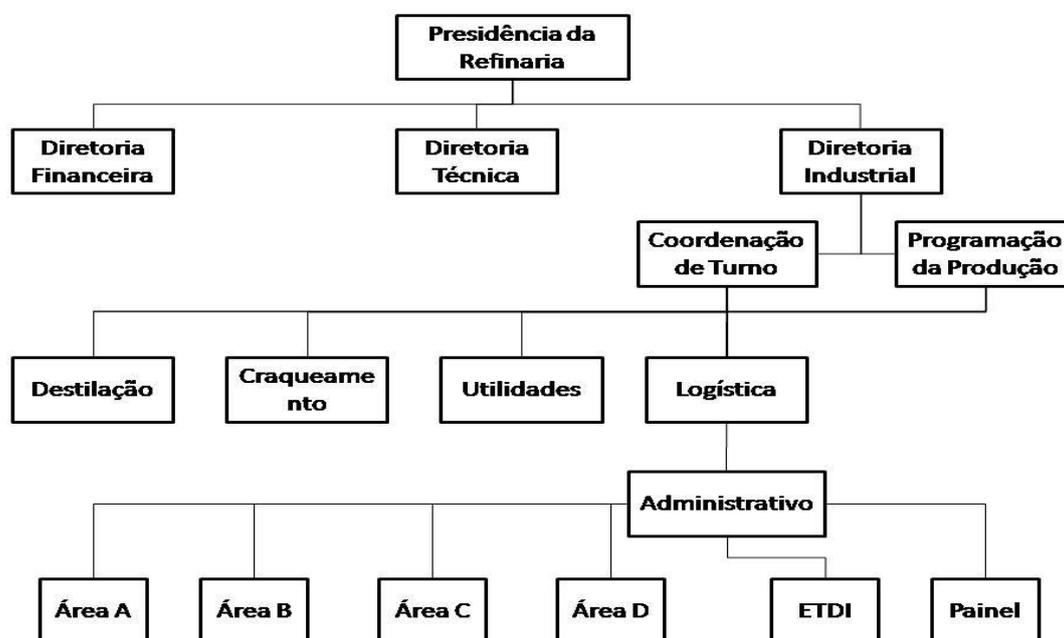


Figura 5 Organograma da refinaria com foco no setor da Logística

Tabela 2 Descrição das atividades e número de operadores por turno em cada área da logística

Área	Atividades	Operadores por turno
Área A	Armazenagem e Mistura de Gasolina, QAV-1 , Solventes	1
Área B	Armazenagem e Mistura de Óleo Diesel, Óleo Combustível, Asfalto, Produtos Intermediários, Resíduo	2
Área C	Armazenagem e Mistura de GLP, Propeno, Butano. Operação de parte da ETDI (Estação de Tratamento de Despejos Industriais).	1
Área D	Armazenagem e Mistura de Petróleo, Nafta Petroquímica. Operação de Tochas, Oleodutos	1
ETDI	Operação e Controle de Flotador, Bacia de Aeração e BioDiscos	1
Centro de Controle	Controle de oleodutos, dutos curtos, tochas, ETDI, misturas, recebimentos, armazenagem e expedição.	2

4.3 Descrição do Sistema Sócio Técnico do Centro de Controle da Logística

4.3.1 Subsistema Social

A operação do setor de logística da refinaria possui 69 operadores que se revezam semanalmente na operação de cada uma das seis áreas descritas no item 4.2, incluindo o centro de controle. Algumas características demográficas dessa população são apresentadas na Tabela 3.

Para ser admitido funcionário da refinaria, o que só ocorre por meio de concurso público, um operador deve possuir nível técnico em química. No entanto, alguns realizam curso superior à medida que estão trabalhando na empresa. O fato de possuírem curso superior não altera o cargo do funcionário. Contudo, o curso superior em uma área afim as atividades realizadas pelos operadores na logística (por exemplo, engenharia), qualifica o operador a realizar atividades de maior complexidade, que demandam um maior conhecimento teórico do funcionamento do sistema da logística.

O fato de a empresa ser de capital aberto, porém com uma significativa participação do estado, faz com que o governo federal possua uma influência nas diretrizes da empresa. É possível observar na Tabela 3 que no tempo de experiência em operação na refinaria

há um ponto de corte entre operadores que possuem mais de vinte anos e menos de dez anos. Isso é resultado de uma política governamental que durante o período de 1992 a 2002, não investiu no desenvolvimento do setor petroquímico no Brasil.

Tabela 3 Distribuição dos dados sociais na operação do setor em estudo

Idades	
Entre 25 e 30 anos	40%
Entre 30 e 35 anos	10%
> 35 anos	50%
Tempo de Experiência de Operação na Refinaria	
< 10 anos	40%
>20 anos	60%
Gênero	
Homens	87%
Mulheres	13%
Escolaridade	
Nível Técnico	78%
Nível Superior	22%

4.3.2 Subsistema Técnico

O centro de controle da logística faz parte de uma estrutura denominada Centro Integrado de Controle (CIC), onde ficam reunidos os centros de controle de todos os setores da refinaria. Dessa forma, os operadores dos centros de controle da destilação, craqueamento, utilidades e logística, ficam fisicamente próximos. Sendo assim, é possível realizar uma troca de informações, de forma rápida, a respeito de variabilidades e demais fatos que podem afetar a operação de cada setor, já que a refinaria é um sistema integrado.

Mais precisamente o setor da logística da refinaria possui 108 tanques para armazenagem e mistura de petróleo ou seus derivados. Esses tanques são conectados, por meio de dutos, às unidades de craqueamento e destilação, além de oleodutos para distribuição dos produtos finais e recepção de petróleo bruto. Os tanques e dutos possuem uma série de equipamentos e instrumentos, tais como bombas, válvulas,

misturadores, analisadores e radares. Esses, por sua vez, fornecem informações acerca de pressões, temperaturas, níveis, vazões, volumes, composições, dentre outras. Cada uma dessas informações fornecidas pelos instrumentos é denominada *tag*. Ao todo, o setor da logística possui aproximadamente 2260 *tags*, ou seja, 2260 informações a respeito de equipamentos e instrumentos. Essas informações ficam disponíveis *on-line* ao operador do centro de controle, a todo o momento.

A fim de facilitar o monitoramento de tantas variáveis, é utilizado um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), no qual os *tags* ficam representados visualmente em 121 telas. Em virtude do grande número de telas que o operador pode acessar, 11 monitores são disponibilizados de forma que 11 telas podem estar sendo exibidas ao mesmo tempo. Um exemplo genérico de tela de SDCD é apresentado na Figura 6. Através do SDCD, o operador de painel tem a possibilidade de operar remotamente 271 bombas e 412 válvulas motorizadas, além de 71 chaves do tipo “liga ou desliga” de determinados equipamentos. Em caso de suspeita de que os dados apresentados ao operador através do SDCD estão incorretos, esse pode solicitar, via rádio, aos operadores das demais áreas que ficam próximas aos equipamentos, que estes avaliem visualmente a suspeita de anomalia e transmitam seu parecer. Os operadores da sala de controle também podem monitorar visualmente as áreas operacionais a partir de imagens obtidas por câmeras, que podem ser operadas de dentro do CIC.

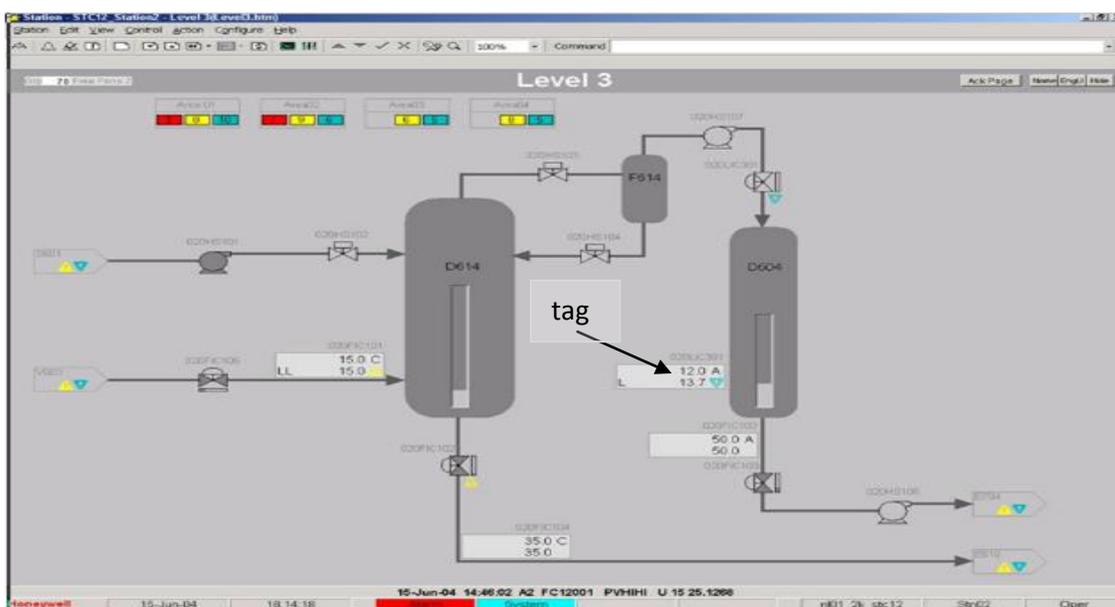


Figura 6 Exemplo genérico de tela de SDCD, contendo indicação de um *tag*

Embora existam rotinas de manutenção preventiva, é necessária a manutenção corretiva de equipamentos e instrumentos fora da programação. Para isso, se realiza uma solicitação através de um sistema que funciona na interface do setor de operação com o de manutenção. Nele é gerada uma nota de manutenção contendo dados como tipo de equipamento, localização, prioridade entre outros. Após a expedição da nota, a manutenção é agendada de acordo com os dados informados.

4.3.3 Organização do Trabalho

O trabalho dos operadores do centro de controle é realizado por dois operadores que trabalham em conjunto no CIC. Não há um padrão definido de como deve ser a divisão de tarefas de cada um dos operadores. Contudo, é normal que esses se dividam de forma que um cuida das expedições de produtos e recebimento de matéria prima, enquanto o outro se ocupa com as demais atividades da logística. A cada turno de 8 horas é realizada uma troca e outra dupla de operadores assume. O mesmo ocorre com os operadores das demais áreas da logística. Ao todo, há oito operadores em cada turno, conforme distribuição apresentada na Tabela 2, mais um supervisor para cada grupo. Há 5 grupos que trabalham na operação da Logística, durante os 365 dias do ano. O revezamento não ocorre somente em termos de turnos, mas também em termos de atividades, de forma que um operador que em um dado momento está na Área B, em poucos dias pode ocupar o posto de operador no centro de controle, ou qualquer outra área. Os revezamentos são determinados e avaliados anualmente pela empresa.

De acordo com o trabalho prescrito, os operadores só podem sair de seus postos de trabalho ao final do turno, quando houverem chegado os profissionais que irão substituí-los. Caso ocorram atrasos ou faltas ao trabalho, pode haver hora extra por parte do operador em serviço. Em muitos casos, essa situação é provocada intencionalmente, em função de acordos entre os próprios operadores, por razões particulares. No momento em que ocorre o término do turno, os operadores que chegam recebem instruções do que está acontecendo no sistema. Essa atividade possui uma duração de aproximadamente 15 minutos e após essa etapa, os operadores recém chegados começam, de fato, suas atividades.

Ao ser admitido na refinaria um operador passa por um curso de formação teórico cuja duração é de três meses, 480 horas. Nesse curso, são apresentados conceitos genéricos

de operação de uma refinaria. Terminado o curso, os operadores são designados para um setor específico, podendo ser destilação, craqueamento, logística ou utilidades. Caso o operador seja alocado para trabalhar na logística, ele recebe um treinamento adicional no local de trabalho, onde acompanha a rotina diária das atividades desenvolvidas nas seis áreas que compõem a logística. Uma vez que esse treinamento esteja concluído, o operador está apto a começar a operação nas áreas A, B, C, D e ETDI. Somente depois de possuir experiência de operação dessas cinco áreas o operador é considerado competente para assumir as atividades no centro de controle do setor da logística. Cabe salientar que não existem, na refinaria em estudo, simuladores capazes de aprimorar o processo de treinamento. Eventualmente, alguns operadores podem ser convidados a participar de outros cursos de formação tratando de temas específicos, no entanto não há uma rotina pré-programada para isso.

A empresa possui um programa de avaliação anual de desempenho de seus funcionários, que tem impacto em incentivos financeiros aos mesmos. Nesse sistema, os supervisores, em conjunto com os gerentes, realizam uma avaliação individual de cada operador e decidem quem irá ganhar o incentivo salarial utilizando critérios como assiduidade, cooperação, responsabilidade, ética profissional, equilíbrio emocional, entre outros. Além dessa forma de premiação há também participação dos lucros da empresa.

A organização do trabalho na operação de toda a logística está baseada na comunicação recíproca entre os operadores das cinco áreas com o centro de controle. Além disso, para os operadores do centro de controle da logística, é de fundamental importância a coordenação com elementos externos ao sistema, como clientes que recebem os produtos, assim como os demais operadores do centro de controle dos setores da destilação, craqueamento e os operadores do CNCO (Centro Nacional de Controle Operacional da Transpetro) que operam o envio de petróleo para a refinaria.

Os principais objetivos dos operadores no centro de controle da logística são os seguintes:

- (a) Armazenagem do Petróleo – As atividades para cumprir esse objetivo são, principalmente, receber, armazenar e preparar o petróleo em tanques para envio à destilação. O recebimento de petróleo é previamente agendado pelo setor de

programação da refinaria. Um documento denominado Instrução Operacional (IO) é entregue com as informações referentes de quando e em que tanque deverá ser realizado o recebimento da matéria prima.

- (b) Armazenagem e Mistura dos Derivados do Petróleo- As atividades desta etapa envolvem armazenar e realizar as misturas dos sub-produtos da destilação e craqueamento, a fim de formar os produtos a serem vendidos, que devem estar dentro das especificações comerciais. Caso o operador realize uma mistura que fique fora das especificações, ele deve corrigir a mistura agregando mais subprodutos, a fim de ficar dentro dos limites aceitáveis. Assim como o recebimento do petróleo, as misturas também são agendadas pelo setor de programação da refinaria que definem quando e em que tanques deve ser realizada cada mistura.
- (c) Envio de Carga para Unidades - As atividades desta etapa constituem-se no envio de petróleo e subprodutos do refino para as unidades onde estes irão ser processados.
- (d) Controle da ETDI - Controlar a operação da ETDI que constitui no recebimento de despejos da rede de esgoto oleoso e águas contaminadas e posterior tratamento através de dois processos sendo um físico e outro bioquímico.
- (e) Controle de Tochas – Esta etapa constitui-se em controlar as variáveis das tochas que cumprem o papel de alívio de pressão através da queima dos descartes recebidos das unidades do refino.

Para a atividade de operador de painel, há 43 procedimentos padronizados, além de nove manuais de operação que auxiliam no desenvolvimento das atividades com informações mais detalhas a respeito do funcionamento de determinados equipamentos. Os manuais de operação servem como suporte no entendimento dos procedimentos, porém são documentos de distinto formato e menor nível de abstração. Além dos manuais de operação, também dão auxílio à operação demais documentos como instruções de segurança e normas da refinaria, esses últimos documentos encontram-se em uma hierarquia de maior importância já que são válidos para todos setores da refinaria, a Figura 7 representa a hierarquia entre os documentos citados. Cada vez que um procedimento é revisado por parte de uma comissão responsável, formada pelos próprios operadores da logística, todos os operadores devem realizar uma nova leitura

destes documentos, que é controlada por um software que cronometra o tempo que cada operador levou para ler o procedimento, sendo que a cada dois anos é obrigatório realizar uma reavaliação dos procedimentos caso não tenham sofrido alterações.

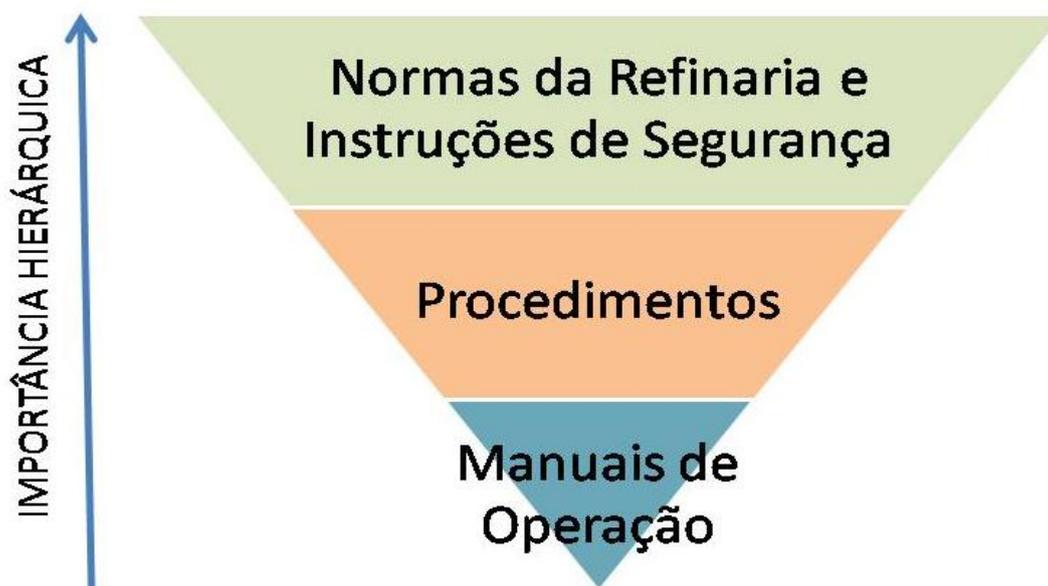


Figura 8 Representação da hierarquia entre os documentos que auxiliam na execução de tarefas

Na medida em que os operadores lêem os procedimentos, eles podem relatar, via um sistema interno de controle de documentos, eventuais sugestões ou dúvidas quanto ao documento. Esses relatos são direcionados aos operadores que trabalham em turno administrativo que ficam responsáveis pela avaliação da necessidade de revisão do documento. Outra fonte de demanda de revisão dos procedimentos são as mudanças que ocorrem no sistema regularmente, como troca de equipamentos por outros que operam de modo distinto, ou mudanças na natureza da automação no sistema. Nesses casos, também é necessário modificar os procedimentos. Atualmente, por o fato do setor da logística estar passando por um processo de aumento na quantidade de controles automatizados, como o aumento do número de válvulas operadas por controladores automáticos, os procedimentos passam por um processo contínuo de modificações.

O fato de a refinaria possuir certificações com base em normas como a ISO 9001, ISO14001 e BSI OHSAS 18001, faz com que ela tenha uma série de procedimentos operacionais, um exemplo de procedimento pode ser visualizado no Apêndice A. Os

procedimentos referentes aos operadores do centro de controle da logística ficam disponíveis na rede corporativa em um sistema interno de controle de documentos e também em formato impresso no CIC. Os procedimentos são distribuídos em atividades de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 Distribuição dos procedimentos de acordo com as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle da Logística

Atividade	Número de Procedimentos
Armazenagem de Petróleo	1
Controle e Monitoração de Produtos	1
Envio de Carga para Unidades	3
Armazenagem e Mistura de Derivados de Petróleo	11
Drenagens de Tanque	5
Expedição de Produto Final	11
ETDI	8
Unidades de Alívio de Pressão	1
Controle de Produto Final Não - Conforme	1
Controle da Quantificação de Produtos	2
Treinamento no Local de Trabalho	1

A comunicação do operador do centro de controle com os operadores das demais áreas da logística e demais setores da refinaria é fundamental na organização do trabalho. Através da aplicação do MDC foi possível evidenciar uma série de fatos onde a comunicação foi essencial para evitar possíveis acidentes. Em uma das entrevistas foi descrito o caso onde a falha de uma bomba no setor de utilidades, que é o setor responsável por fornecer energia elétrica para demais setores da refinaria, causando uma redução na carga elétrica gerada pelo setor. Dessa forma a logística foi solicitada, pelo setor de utilidades, que deveria reduzir o consumo de energia, caso contrário os demais setores teriam que ser desligados e o refino de petróleo seria interrompido causando severos prejuízos. Na medida em que equipamentos foram sendo desligados pela logística, a comunicação com o setor de utilidades foi constante a fim de saber se as ações tomadas estavam surtindo efeito. No momento de retomar a atividade normal, a

mesma comunicação foi fundamental para religar os equipamentos na medida em que o setor de utilidades recuperava sua capacidade de geração de energia. No caso descrito, a comunicação clara e objetiva entre os setores logística e utilidades foi fundamental para evitar uma possível pane em toda a refinaria.

4.3.4 Ambiente Externo

Através da contextualização da refinaria e a análise do seu sistema de logística é possível definir elementos como agentes externos ao sistema da logística, porém internos à refinaria que produzem variabilidades no sistema em estudo. Inicialmente, a área responsável pelas vendas dos produtos da refinaria é fundamental no momento de gerar a IO, que define a carga de trabalho diária do setor da logística. Em conjunto com a área de vendas se inclui o setor de programação da produção, que é quem realiza a IO através de uma reunião diária em conjunto com responsáveis pelos setores de vendas, destilação, craqueamento e logística que utilizam parâmetros como capacidade produtiva e de estoque, estratégia da empresa, condições de mercado, entre outros, para definir a produção, estocagem, vendas e misturas de produtos. Sendo assim, os setores de destilação e craqueamento também são considerados importantes elementos externos. Além de influenciar no desenvolvimento da IO, esses também são os consumidores e emissores dos produtos ou subprodutos que a logística realiza o transporte.

O setor de manutenção e o de utilidades dá suporte às atividades desenvolvidas pela logística, sendo que a utilidades fornece energia para o funcionamento do setor e a manutenção trata de garantir uma operação com equipamentos e instrumentos devidamente apropriados para o desenvolvimento das atividades. Dessa forma ambos são considerados causadores de variabilidades no sistema, caso ocorra um incidente em um desses setores, a operação da logística fica comprometida.

As condições climáticas são consideradas condições externas, tanto ao setor da logística quanto ao da refinaria, que causam variabilidades na operação, principalmente na atividade de controle da ETDI. Em dias de elevados índices pluviométricos, a quantidade de água a ser tratada aumenta significativamente, o que aumenta consideravelmente a carga de trabalho dos operadores. Um elemento externo que sensivelmente influencia o sistema são as regulamentações ambientais que servem de guia em toda a operação de uma refinaria, principalmente no que diz respeito ao

tratamento dos dejetos industriais e ao cuidado da não emissão de gases fora das normas ambientais no sistema de tochas. A crescente importância desse fator externo se deve entre outros, ao surgimento, nos últimos anos, de um processo de povoação nas áreas em torno da refinaria, que no início das atividades não havia. Dessa forma os limites de um vazamento tanto nos afluentes da região como na atmosfera, são reduzidos drasticamente.

A empresa onde foi realizado o estudo é uma empresa de controle estatal, porém que possui capital aberto. Dessa forma políticas públicas do governo federal, podem interferir na produção e resultados econômicos da refinaria, como, por exemplo, a fixação dos preços de venda dos combustíveis nas refinarias. Outro fator que interfere diretamente a produção e os resultados econômicos da empresa é o preço do barril de petróleo no mercado internacional. Como, tanto o mercado internacional, quanto assuntos da política nacional interna de energia, são fatores que não podem ser controladas pela refinaria, se considera ambos como sendo relevantes fatores externos do sistema em estudo.

Na última década, a refinaria em estudo contava com um acionista minoritário, que possuía aproximadamente 30% da refinaria. No entanto no último ano houve uma aquisição por parte do estado dessa parcela. Sendo assim uma série de mudanças estão sendo realizadas dentro da estrutura administrativa e operacional na refinaria. Por exemplo, novos investimentos estão sendo realizados como construção de novas unidades, e uma reorganização da parte administrativa da refinaria também está em progresso. A Figura 8 trata de representar visualmente os fatores que interagem e influenciam as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle da logística.

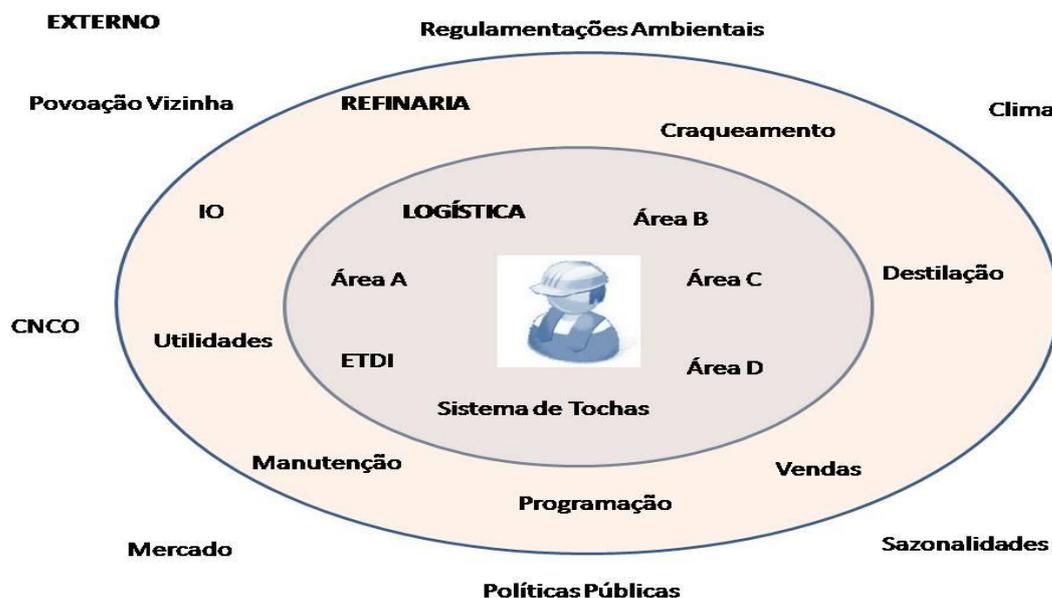


Figura 8 Representação dos fatores que interagem e influenciam as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle da logística

4.4 Avaliação da Complexidade

4.4.1 Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir, levando o sistema a uma contínua modificação

Conforme descrito no item 4.3.2., um operador de painel no sistema em estudo lida com aproximadamente 2260 *tags*, ou seja, há uma grande quantidade de elementos com potencial de interação. Além disso, muitos desses elementos estão rigidamente acoplados, tais como nível de um tanque e a vazão que as bombas de expedição são capazes de fornecer, vazão de carga aliviada para o sistema de tochas por parte dos demais setores da refinaria e a temperatura das tochas. De acordo com as observações no local e entrevistas com os operadores, as informações são constantemente transmitidas aos operadores do centro de controle através de recursos visuais utilizando as telas do SDCD ou até mesmo sonoros utilizando alarmes. Através do SDCD os operadores conseguem realizar comandos e interagir com o sistema. Além dessa interação, os operadores da sala de controle interagem, por meio de uma frequência de rádio, com os operadores das demais áreas da logística.

A natureza, frequência e intensidade das interações são afetadas por fatores externos aos elementos que interagem. Por exemplo, a ocorrência de chuvas aumenta a quantidade de água a ser tratada pela ETDI, o que por sua vez aumenta a troca de informações entre os operadores da ETDI e do painel devido ao surgimento de cenários anômalos. Outro fator que dispara as interações é a falha de instrumentos ou equipamentos, fato cuja ocorrência é normal quase todas as semanas. Nesse tipo de situação, as interações entre os operadores do centro de controle e os alocados na área industrial aumentam exponencialmente com a prioridade e/ou gravidade da situação.

A natureza, frequência e intensidade das interações também mudam em função de modificações no sistema. Por exemplo, no período da coleta de dados estava ocorrendo uma mudança de software para melhorar o trabalho com o elevado volume de informação que existe no SDCD. A modificação de um software implica em novas interfaces com distintas informações e novos comandos, sendo assim se interage de modo diferente com o SDCD.

As contínuas mudanças nas interações, assim como o resultado disso no status do sistema, têm implicações para o projeto e operação do mesmo. Dentre essas implicações, pode ser destacada a necessidade de uma comunicação clara e objetiva entre os operadores de painel e os operadores que se encontram nas demais áreas, para que todos formem uma consciência compartilhada e atualizada acerca do status das operações. Um sistema de gestão de mudanças eficaz também é importante, para que as modificações de maior impacto sejam devidamente documentadas e disseminadas aos operadores. Uma interface homem-máquina adequada, para lidar com o elevado número de *tags*, também é fundamental para o acompanhamento e antecipação da dinâmica do sistema.

4.4.2 Sistemas complexos devem possuir interações não lineares

Existe uma linearidade em certas atividades presentes na logística, como na alocação dos grupos de trabalho nas áreas de acordo com o período do ano já descrito no item 4.3.3. No entanto, mudanças de uma seqüência de atividades para outra, não planejada, são diariamente observados, gerando interações que não foram completamente previstas, embora elas também não sejam completamente inesperadas. Por exemplo, quando é feita a mistura de um determinado produto a ser vendido seguindo o que está

prescrito na IO, se realiza uma análise laboratorial após a mistura estar pronta para verificar se o produto está de acordo com as especificações comerciais e se pode ser vendido. Contudo, em alguns casos, os produtos não estão de acordo com as especificações e o operador de painel não libera o produto para envio ao cliente. Quando isso ocorre, é necessário corrigir a mistura, o que pode ser realizado com base no conhecimento tácito do operador, em procedimentos prescritos ou até mesmo comunicando o setor de programação e pedindo ajuda. Caso a escolha for pela última opção, a tomada de decisão envolve outros setores da refinaria, evidenciando interações não lineares entre elementos, já que uma atividade que inicialmente teria que possuir como resposta uma ação simples e normal, acaba por desencadear uma série de outras ações que envolvem o uso de habilidades cognitivas e um maior número de interações.

Outro exemplo típico de não linearidade no processo pode ocorrer no envio de produtos para os clientes. Todos os produtos passam por filtros, antes de ingressarem nos dutos que seguem para os clientes. Com o passar da carga de líquido, esses filtros vão ficando carregados de impurezas, até um momento em que é constatada uma grande diferença de pressão antes e depois dos mesmos. Quando essa diferença de pressão é detectada, o operador de painel paralisa o procedimento de envio, comunica isso ao cliente e solicita que a manutenção limpe o filtro, para depois retomar a entrega do produto. Sendo assim, outros elementos participam do processo, a fim de executar a tarefa de expedição do produto. Nesse momento, o sistema fica mais exposto a interações não lineares, devido a possibilidade real do surgimento de imprevistos e anomalias do tipo falta de equipe de manutenção, falha no equipamento utilizado para limpar o filtro ou até mesmo falha na comunicação entre a manutenção e o setor da logística.

Em outros casos, o processo de entrega é paralisado pelo próprio cliente, que por razões diversas, decide suspender o recebimento de produtos naquele dia. Quando isso ocorre, o operador de painel paralisa a expedição de produto e parte para outra sequência de atividade. Além disso, essa mudança de planos é comunicada para a IO, que pode alterar a programação da produção em todos os demais setores da refinaria.

Caso semelhante de não linearidade ocorre na atividade de controle da operação das tochas. No momento em que há uma situação de risco operacional nos sistemas de destilação ou craqueamento, grande quantidade de derivados de petróleo é purgada para

as tochas, dessa forma aliviando a pressão nos respectivos sistemas. Quando isso ocorre, uma demanda de atividades cognitivas é gerada no setor da logística de forma imediata e muitas vezes inesperada. Em esse tipo de situação, os operadores do centro de controle da logística devem ser capazes de operar o sistema de tochas absorvendo o volume de derivados de petróleo expedido pelos demais setores e, ao mesmo tempo, garantindo a segurança do processo de queima dos derivados sem gerar poluentes capazes de causar danos à atmosfera.

Uma das implicações da possibilidade de frequentes interações não lineares diz respeito à flexibilidade do sistema de controle e automação, que possibilite a interferência do operador durante as atividades. Como, por exemplo, o fato de poder modificar o status dos controladores de automático para manual. Outra implicação decorrente dessa característica de complexidade é a necessidade de um sistema de alarmes racionalizados. Dessa forma, quando for detectada a necessidade de modificações abruptas em uma sequência de atividades, a propagação das interações entre os elementos não resulta em uma avalanche de alarmes para o operador.

4.4.3 Presença de circuitos fechados (*feedback loops*), ou seja, os resultados de uma atividade podem retroalimentar ela mesma, amplificando-a ou reduzindo-a

O fato de haver acoplamento entre os elementos integrantes de um sistema complexo facilita a incidência de circuitos fechados. Por exemplo, o envio de uma carga para algum setor, por parte da logística, pode causar uma série de variabilidades no processo do setor que irá tratar essa carga. Dessa forma, os operadores do centro de controle da logística podem ser comunicados que a nova carga está causando distúrbios e o operador do centro de controle deve tomar alguma decisão a fim de solucionar o problema. Geralmente, neste tipo de situação, a nova carga passa a ser adicionada no outro setor em pequenas doses, até estabelecer um fluxo normal e contínuo, reduzindo as variabilidades operacionais na unidade que está recebendo a carga.

Outro exemplo de circuito fechado ocorre na atividade de controle do PH da água residual. Esse controle é realizado por meio da adição de cal às águas residuais, o que pode provocar a formação de uma camada de sedimentos de considerável espessura na ETDI. Se isso ocorrer, o operador da ETDI comunica o operador do centro de controle,

para que, em conjunto, ambos tomem alguma decisão para readequar a concentração de cal na estação.

A presença de circuitos fechados exige a reavaliação de decisões por parte dos operadores, pois o *feedback* acerca dos impactos de cada decisão é rápido e requer ajustes nos planos em curto espaço de tempo, em situações inesperadas em menos de dois ou três minutos o operador deve tomar uma ação. Dessa forma, é necessário que o treinamento seja compatível com a complexidade do sistema, onde tomadas de decisões complexas sejam treinadas e avaliadas. Outra implicação da existência de circuitos fechados é a necessidade de comunicação com os demais operadores da logística e dos demais setores. Foi constatado com os operadores que a comunicação, muitas vezes, é o meio mais eficiente na constatação se as ações estão surtindo o efeito desejado. Sendo assim, se verifica que a comunicação é essencial no momento de retroalimentar o loop, dessa forma fechando o ciclo. Por fim, uma interface homem-máquina despoluída e intuitiva é recomendada por facilitar o entendimento do ocorrido e conseqüentemente auxiliar a tomada de decisão aos operadores do painel de controle.

Por mais que exista uma série de exemplos indicando a presença de *feedback loops* na logística, se observa que nem todas as interações se dão desse modo. Por exemplo, a relação dos cursos adicionais realizados por cada operador advém da necessidade individual de se aperfeiçoar em determinados tópicos. Quando o operador recebe a capacitação adicional, ele passa a aplicar o aprendido, não havendo continuidade nesse ciclo.

4.4.4 O ambiente externo ao sistema exerce influencia sobre o mesmo

O setor da logística, devido a sua função de estabelecer um papel de interface da refinaria com seus fornecedores e clientes externos, recebe uma influência significativa do que ocorre externamente. Por exemplo, sazonalidades, como períodos de colheita de soja ou de arroz, demandam uma quantidade significativa de caminhões em um curto espaço de tempo nas lavouras, assim aumentando o consumo de diesel. Dessa forma, os operadores do centro de controle da logística têm seu trabalho modificado devido a um acréscimo no número de misturas de diesel a serem feitas no período, bem como no número de expedições do produto. Outras condições de mercado, como o preço do

barril de petróleo, interferem diretamente no tipo de produto que irá ser fabricado e conseqüentemente estocado pela logística.

As condições operacionais dos demais setores, tais como destilação, craqueamento e utilidades, são fatores externos fundamentais na operação da Logística. Por exemplo, conforme já comentado anteriormente no item 4.4.2, quando algum dos sistemas é obrigado a parar a produção, todo o volume de matéria em processo é purgado pelo sistema de alívio de pressão para as tochas, que ficam sob controle dos operadores do centro de controle da logística.

Com base na análise dos relatórios de anomalias, foi possível identificar que este tipo de situação aumenta significativamente a carga de trabalho dos operadores do centro de controle. Como outro exemplo, falhas no setor de utilidades podem comprometer o fornecimento de energia elétrica em toda a refinaria, gerando necessidade de adequações na carga energética consumida pela logística. Por último, conforme já descrito anteriormente no item 3.4.1, condições climáticas também influenciam diretamente parte da operação da logística, mais precisamente na operação da ETDI.

O impacto do ambiente externo requer robustez da organização do trabalho, que deve ter capacidade de ajuste às variabilidades. Um exemplo prático dessa robustez, que é aplicado no sistema estudado, diz respeito à integração das informações de operação dos diferentes setores da refinaria, fazendo com que os dados que possuem potencial de influenciar as atividades de algum outro setor sejam transmitidos aos mesmos.

Por mais que sejam dados exemplos de influências que o sistema sofre do ambiente externo, existe também uma série de exemplos de elementos do sistema que não sofrem essa mesma influência. Por exemplo, o posicionamento físico de equipamentos na área da refinaria, ou até mesmo o tipo de informações representadas nas telas de operação.

4.4.5 Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema

A avaliação dos dados coletados identifica que em sua maioria as ações do sistema são influenciadas de alguma maneira pelo passado. As ações tomadas pelos operadores do centro de controle da logística são realizadas com base na experiência que estes possuem, proveniente de um histórico de interações com o meio em que se encontram. Dessa forma, é possível afirmar que fatos ocorridos no passado influenciam as ações

presentes. Os procedimentos, que servem de guia para a execução do trabalho, são formalmente revisados e atualizados periodicamente pelos operadores, o que implica na documentação de parte de suas experiências e transmissão aos novatos. Muitas das modificações sucedidas no modo de operar o sistema, por parte dos operadores do centro de controle, ocorreram devido à modificação no sistema que são realizadas cotidianamente, tal como mudanças de sistemas de segurança ou alterações de tipos de instrumentos utilizados para realizar determinadas medições.

Segundo as entrevistas junto aos operadores do centro de controle, historicamente a logística era considerada o setor onde havia o prevaletimento de trabalho braçal. No entanto, sob influência dessa visão de segmento de trabalho árduo e muitas vezes pouco eficiente na operação, houve uma mudança para a utilização de válvulas mecanizadas e posterior aumento da automação. Esse processo de modificação da automação do sistema ocorre em uma velocidade distinta da que são revisados os procedimentos documentados, fazendo com que muitas vezes os procedimentos estejam desatualizados. Nesses casos, a adaptação dos antigos procedimentos é o único modo de garantir uma operação estável e segura.

Conforme já descrito (item 4.3.4.), a empresa em estudo possui um domínio estatal de forma que fatores envolvendo políticas públicas de cada governo influenciam diretamente no histórico da empresa. É possível identificar períodos de altos e baixos investimentos na empresa que estão diretamente relacionados às políticas adotadas por cada governo. Com base nessa descrição é possível afirmar que a logística possui um histórico e que esse influencia a operação do setor.

O fato de o sistema possuir uma história e esta influenciar as ações presentes traz como necessidade um registro de fatos como incidentes, mudanças de equipamentos, mudanças operacionais entre outros. Dessa forma é possível realizar uma avaliação coerente do estado atual do sistema buscando referências no passado para melhor compreendê-lo e projetá-lo para o futuro.

4.4.6 Sistemas complexos possuem incerteza na obtenção de informações, sendo que essas podem advir de inferências ou fontes indiretas, sendo assim não são entendidos como um todo, havendo sempre lacunas a serem descobertas

O elevado número de *tags*, descritas no item 4.3.2, são informações provenientes da área industrial e que são representadas digitalmente no painel de controle. A obtenção dessas informações é realizada através de instrumentos presentes nos dutos, tanques e bombas, dentre outros equipamentos. Esses instrumentos recebem manutenções e calibrações, em uma frequência determinada. De acordo com os relatos dos supervisores entrevistados, bem como nas observações conduzidas pelo pesquisador, foi identificado que as informações transmitidas ao painel pelos instrumentos às vezes não correspondem à real situação do sistema. Normalmente, isso é causado devido o instrumento primário de medição da variável não estar corretamente calibrado ou apresentar falhas. Outra questão que envolve os instrumentos, e é relevante no momento de determinar fontes de incertezas, é a precisão que cada instrumento alcança, fator que varia de acordo com tipo de instrumento utilizado, e pode influenciar o processo de tomada de decisão. Contudo, vale citar que existem no sistema da logística, estações de medições que realizam a quantificação de produto que é vendido para os clientes. Nessas estações, denominadas EMEDs, há uma rigorosa calibração dos equipamentos, sendo que os mesmos apresentam uma elevada precisão.

Algumas informações importantes acerca do status do sistema (por exemplo, alinhamentos das linhas que ligam determinados tanques) não são representadas no SDCD e somente podem ser verificados visualmente pelos operadores na área industrial, o que também contribui para a incerteza no trabalho no centro de controle. No entanto, o fato de se ter acesso a um sistema de câmeras de vídeo faz com que seja possível identificar com precisão certos fenômenos que podem ocorrer no sistema, como é o caso de quando surge fumaça no sistema de tochas indicando possível contaminação da atmosfera.

A incerteza ficou evidente a partir dos relatos dos entrevistados acerca de como funcionava o sistema da logística. Embora as descrições que os mesmos apresentaram acerca das funções do setor tenham sido razoavelmente uniformes, as descrições eram

pouco precisas quando era abordado o detalhamento de determinados elementos, tais como forma de funcionamento de equipamentos.

De fato, ainda que exista um SDCD, apoio de câmeras que auxiliam o monitoramento do processo e uma frequência de rádio para solicitar informações aos operadores nas áreas, não é possível que os operadores do centro de controle tenham um entendimento completo do sistema. Essa característica é acentuada pelo elevado número de elementos já descritos (item 4.3.2) e pelo caráter dinâmico do sistema (item 4.4.1).

A característica de complexidade da existência de incerteza na obtenção de informações é comum a sistemas com elevado grau de instrumentação, como é o caso de uma refinaria. Um sistema de manutenção preventiva eficaz pode reduzir significativamente as incertezas obtidas nos dados. No entanto, também é necessária a presença de pessoal experiente no centro de controle e supervisão, capazes de discernir um momento onde o instrumento aponta um valor equivocado de quando realmente há um problema ocorrendo com o processo. Sendo assim, é importante reavaliar o treinamento oferecido para os operadores do centro de controle. Treinamentos devem contemplar e incentivar o desenvolvimento de habilidades onde o operador possa ter um maior entendimento do sistema. A dificuldade de compreender o sistema completamente acentua o caráter de cognição compartilhada e distribuída no ambiente de trabalho (WOODS; HOLLNAGEL, 2005). De fato, diferentes intervenientes humanos e não humanos (por exemplo, manuais com detalhes técnicos de operação de equipamentos) possuem parte do conhecimento necessário para operar o sistema, sendo necessária a contínua interação entre todos.

4.4.7 Existência de componentes operando em modo comum, facilitando a riqueza das interações entre elementos

No sistema da logística, há uma série de acoplamentos, o que facilita o fato destes elementos operarem em um modo comum, ou seja, elementos que operam simultaneamente a mais de um propósito onde qualquer variabilidade gerada neles automaticamente se propaga aos demais elementos. Caso, como o acoplamento da quantidade de água que é utilizada para evitar a formação de fumaça nas tochas, que quando utilizada em demasia pode influenciar no sistema de geração de energia do setor de utilidades que usa essa mesma água, é um exemplo dessa característica. Sendo assim

em elementos que estão acoplados, quando ocorre falha em um desses, segundo dado coletado com os operadores de painel, é necessária uma série de tomadas de decisões, sendo que algumas estão documentadas em formato de procedimentos padrões, outras mais inesperadas não contam com tal tipo de instrução exigindo uma maior carga cognitiva ao operador.

A existência de componentes operando em modo comum faz com que haja meios dinâmicos de interferir no sistema a fim de reduzir a propagação de variabilidades para os demais elementos do sistema, no caso atual essa função é cumprida via SDCD. Fica também em evidência que o operador deve possuir competências a fim de realizar as ações necessárias quando ocorre algum problema envolvendo componentes operando em modo comum, o que acaba sendo influenciado pelo tipo de treinamento que este foi submetido e tempo de experiência que possui.

Vale salientar que nem todos os elementos constituintes do sistema possuem esse tipo de relação, apesar da existência de componentes operando em modo comum no setor em estudo. Um caso típico e cotidiano onde não ocorre nenhum tipo de acoplamento é evidenciado nas ordens de manutenção de equipamentos. Cada equipamento que deve sofrer algum tipo de manutenção é avaliado pelos operadores do setor em conjunto com o supervisor. Caso seja realmente necessária a intervenção no equipamento, é acionado o reserva e uma ordem de manutenção é emitida. Dessa forma não se ocasiona distúrbios no funcionamento dos demais equipamentos presentes no sistema.

5 DISCUSSÕES

A avaliação da presença das características de sistemas complexos no centro de controle do setor da logística da refinaria demonstra que as sete estão evidenciadas. Através da análise da Figura 9, é possível identificar de forma resumida as evidências da presença de cada característica, assim como as contra evidências, ou seja, fatores no sistema onde as características não se aplicam.

Características de Sistemas Complexos	Evidência	Contra Evidências
4.4.1	Chuvas na ETDI; Discussões a respeito da IO com a programação; Interações com clientes.	-
4.4.2	Correções de misturas não especificadas; Modificações nos volumes de produtos a serem vendidos; Envio de carga em demasia para as tochas.	Alocação dos grupos de trabalho nas áreas de acordo com o período do ano;
4.4.3	Mudança de tanque fornecedor de matéria prima para a destilação ou craqueamento; Correção de PH do esgoto oleoso.	Relação dos cursos adicionais realizados por cada operador com a necessidade individual do mesmo.
4.4.4	Sazonalidades; Condições do mercado internacional; Condições climáticas; Situação de operação da destilação, craqueamento e utilidades.	Posicionamento físico de equipamentos; Telas de operação.
4.4.5	Gestão de procedimentos; Obtenção e aplicação de conhecimento tácito; Treinamento de novatos. Modificações constantes no sistema.	Instrumentos novos; Instalação de novos Empreendimentos.
4.4.6	Alinhamentos não representados no SDCCD; Precisão e acuracidade dos instrumentos; Comportamento do tratamento bioquímico na ETDI.	EMEDs; Presença de fumaça nas tochas.
4.4.7	Vazão de água utilizada nas tochas e capacidade de gerar energia da utilidade.	Manutenção de equipamentos.

Figura 9 Resumo das evidências e contra evidências das características da complexidade

Através da aplicação do método proposto, foi possível identificar uma série de oportunidades de melhorias e recomendações que foram sendo constatadas em conjunto com os operadores do centro de controle da logística. Por exemplo, elaboração de uma gestão de mudanças eficaz, elaboração de treinamentos compatíveis com a complexidade do sistema, racionalização do sistema de alarmes, entre outros.

O método sistemático para avaliar a presença de características de complexidade, foi considerado válido no estudo realizado no centro de controle da logística de uma refinaria de petróleo. Por mais que as características caracterizadoras da complexidade utilizadas no protocolo sejam já consagradas na literatura, é interessante que essas sejam avaliadas por um conjunto de especialistas. Com isso será possível obter proposta de melhorias nas características utilizadas, bem como, as fontes de evidências para analisar a existência de cada uma. Além disso, a ferramenta desenvolvida não identifica a intensidade de cada característica da complexidade, o que permitiria comparações mais precisas entre avaliações em diferentes ambientes.

A utilização da ferramenta proposta permite uma reprodutibilidade dos resultados encontrados, porém essa está condicionada a aplicação do protocolo por pessoal capacitado quanto aos conceitos da complexidade. Dessa forma, é possível indicar para trabalhos futuros, a análise da possibilidade de desenvolver métodos de avaliação da presença de complexidade que possuam uma maior facilidade em sua aplicação, e que seus resultados possam ser obtidos de forma reprodutível por pessoal sem um profundo conhecimento das teorias que envolvem a complexidade. Contudo, para a aplicação da ferramenta apresentada no artigo em demais domínios, como a aviação e plantas de energia, é necessário adaptar as fontes de evidências utilizadas para caracterizar os subsistemas sócio-técnicos e identificar a presença das características de complexidade.

O método desenvolvido poderá servir de ponto inicial para a criação de uma série de novos protocolos ou ferramentas que tratam de trabalhar com sistemas complexos. Tendo em vista que, tratando-se de avaliar qualquer tipo de questão organizacional em sistemas complexos, o primeiro passo é avaliar se o sistema de fato é complexo e não simplesmente complicado.

6 CONCLUSÕES

Apesar da crescente importância da visão da complexidade, faltam meios para orientar os pesquisadores a caracterizarem sistematicamente a complexidade de um sistema sócio-técnico. Portanto o objetivo do presente artigo é desenvolver uma ferramenta para caracterização de complexidade em sistemas sócio-técnicos. O método proposto foi aplicado no centro de controle do setor de logística de uma refinaria de petróleo.

A pesquisa encontrou, através do método proposto, a presença das sete características da complexidade avaliadas no sistema em estudo. Dessa forma foi sugerida uma série de recomendações que a existência dessas características exige a uma organização. Partindo da constatação de que o sistema em estudo é de fato complexo, se torna possível avaliar se a gestão da organização é compatível com tal complexidade. Entre as ferramentas para o controle das atividades desenvolvidas pelos operadores, a gestão dos procedimentos cumpre uma função de relevância. Fica assim, a recomendação de avaliar, em trabalhos futuros, se a gestão dos procedimentos é compatível com a complexidade do sistema estudado.

REFERÊNCIAS

- BAKER J. The Report of The BP U.S. **Refineries Independent Safety Review Panel**, 2007
- BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.
- CILLIERS P. **Complexity and Postmodernism – Understanding complex systems**, Routledge, Oxon, 1998.
- CILLIERS P. Complexity, Ethics and Justice, **Journal of Humanistics**, Vol. 5 p. 19-26, 2004.
- CHRISTOFFERSEN K., WOODS D. **The Occupational Ergonomics Handbook**, CRC Press LCC, 1999.
- COOK, M. NOYES J., MASAKOWSKI, Y. **Decision Making in Complex Environments**. Ashgate Publishing Company, Burlington, 2007.
- CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. **Working Minds: A Practitioner's Guide to cognitive Task Analysis**. Cambridge: The MIT Press, 2006.
- DEKKER S. **Drift into Failure – From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems**, Ashgate, 2011.

DEKKER S. **Ten Questions About Human Error- A New View of Human Factors and System Safety**, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers New Jersey, 2005.

DEKKER S. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety, Elsevier, **Applied Ergonomics** Vol. 34 p. 233–238, 2003.

ÈRDI P. **Complexity Explained**, Springe-Verlag, Berlin, 2008.

GRIMM V., REVILLA E., BERGER U., JELTSCH F., MOOIJ W., RAILSBACK S. THULKE H., WEINER J., WIEGAND T., DEANGELIS D. Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology - **Science Magazine** 11 November 2005: Vol. 310 no. 5750 pp. 987-991, 2005.

HENDRICK, H., KLEINER, B. - Macroergonomics: an introduction to work system design. **Human Factors and Ergonomics Society**, 2001.

HEYLIGHEN F. Classic Publications on Complex, Evolving Systems: a citation-based survey, **Complexity** 2 (5), p. 31-36, 1997.

HEYLIGHEN, F. Complexity and Information Overload in Society: why increasing efficiency leads to decreasing control, **The Information Society**, 2002.

HEYLIGHEN, F. CILLIERS, P., GERSHENSON, C. **Complexity and Philosophy. Complexity. Science and Society**. Oxford, UK: Radcliffe, 2007.

HOLLNAGEL E. **Barriers and Accident Prevention**. Aldershot, UK: Ashgate, 2004.

O'CONNOR, P.; O'DEA, A.; FLIN, R.; BELTON, S. Identifying the team skills required by nuclear power plant operations personnel. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 1028-1037, 2008.

PARIÈS J. Lessons from the Hudson. Em **Resilience Engineering in Practice**, Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2011.

PAVARD B., DUGDALE J. The contribution of complexity theory to the study of socio-technical systems. Em **Unifying Themes in Complex Systems**. Publishers: Springer. 2006.

PRINGLE J. **On the Parallel between Learning and Evolution**. Behaviour, Vol. 3, 1951.

PERROW C. **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies**. Basic Books, New York, 1984.

RASMUSSEN J. Risk Management in a Dynamic Society: a Modelling Problem. **Safety Science** Vol. 27, p. 183-213, 1997.

SNOOK S. **Friendly Fire: The accidental shoot down of U.S. Black Hawks over northern Iraq.** Princeton University Press, 2000.

STROGATZ S., **Nonlinear Dynamics and Chaos**, Perseus Books Publishing, LLC, 1994.

WILLIAMS M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 5, p. 269-273, 1999.

WOODS D., HOLLNAGEL E., **Joint and Cognitive Systems An Introduction to cognitive Systems Engineering.** New York CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

WOODS, D., JOHANNESSEN, J., COOK, R., SARTER, N., **Behind Human Error: Cognitive Systems, Computers, and Hindsight.** The Ohio State University Columbus, Ohio. 1994.

WTRHEE, webmaster de www.refap.com.br acessado em 13 de outubro de 2011.

**CAPITULO III – ARTIGO 2: PRINCÍPIOS PARA GESTÃO DE
PROCEDIMENTO EM SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS COMPLEXOS**

Princípios para Gestão de Procedimentos em Sistemas Sócio-Técnicos Complexos

1 INTRODUÇÃO

Entre as ferramentas amplamente utilizadas na gestão da produção se encontra o desenvolvimento de procedimentos padronizados. Historicamente, a padronização ganha reconhecimento e passa a ser estudada a partir de Taylor (1911), que reconhece a necessidade de estabelecer referências para o planejamento e controle da produção, enfatizando, na época, a padronização das tarefas dos operadores de linha de frente. Desde então, diversos autores têm salientado a contribuição da padronização como um meio de reduzir a variabilidade, incorporar boas práticas às rotinas de trabalho, estabelecer um referencial para a melhoria contínua e subsidiar as tarefas de planejamento e controle (CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999; DEKKER, 2005; LIKER, 2005; LIKER; MEIER, 2006).

No âmbito da evolução dos paradigmas de organização dos sistemas produtivos, a padronização atualmente é tratada como um dos elementos fundamentais dos sistemas de produção enxuta, os quais têm sido adotados como referência por empresas de diversos setores (LIKER, 2005; SPEAR; BOWEN, 1999; HAFEY 2010). Contudo, diferentemente da perspectiva Taylorista, a padronização nos sistemas enxutos inclui o envolvimento dos trabalhadores na concepção dos padrões, bem como o pressuposto de que eles devem ser continuamente melhorados. Na visão enxuta, também são claramente definidas quais as características essenciais de um padrão de trabalho operacional, quais sejam a definição das sequências operacionais, tempos de ciclo, resultados esperados e ritmo de produção para atender a demanda. Além disso, espera-se que o padrão esteja visível no local de trabalho em que ele deve ser aplicado, facilitando a consulta pelos trabalhadores bem como as auditorias de seu uso, normalmente feitas por gerentes (ROTHER e SHOOK, 1998; BLACK, 1998). Vale salientar que essas expectativas acerca do conteúdo de um padrão de trabalho enxuto implicitamente consideram aplicações em atividades de manufatura, normalmente envolvendo tarefas repetitivas e com pobre conteúdo.

No campo dos fatores humanos, o termo padronização frequentemente é substituído pelo termo procedimentos. Contudo, nem todos os procedimentos de trabalho são padronizados, o que leva alguns autores a usarem a expressão procedimentos

operacionais padronizados (POPs). Neste artigo, considera-se que um procedimento é padronizado quando o mesmo está documentado e disseminado a todos os seus usuários, esperando-se o uso uniforme por parte dos mesmos. Além disso, um procedimento padronizado é uma rotina planejada previamente a execução da tarefa, com o objetivo de torná-la reproduzível, eficiente, eficaz e segura. De outro lado, os procedimentos não padronizados são geralmente tácitos, ou seja, estão implícitos no ambiente de trabalho e não são verbalizados nem documentados, embora sejam normalmente executados de modo uniforme no âmbito de um determinado grupo de pessoas. Neste artigo, é enfatizado o papel dos procedimentos como barreiras contra acidentes (HOLLNAGEL, 2004), embora seja reconhecido que não é possível dissociar rigidamente a segurança de outras dimensões de desempenho, como eficiência e qualidade.

Apesar da sua reconhecida contribuição, os POPs por vezes necessitam ser adaptados ou simplesmente não podem ou não devem ser cumpridos, a fim de que os objetivos da tarefa sejam alcançados. Dekker (2005) afirma que isso não se deve à falta de qualificação ou má vontade das pessoas, mas normalmente à incompatibilidade entre os POPs e o contexto em que eles são usados. De fato, os ambientes de trabalho, especialmente em sistemas complexos, possuem uma variabilidade maior que os procedimentos podem incorporar (DEKKER, 2003; DEKKER, 2005; BERGSTROM et al. 2009).

Dentre os exemplos de acidentes catastróficos, cujas causas estão vinculadas a procedimentos, alguns podem ser destacados, tal como a explosão da refinaria da British Petroleum, em Texas City no ano de 2005. No relatório de investigação desse acidente (BAKER, 2007), foi observado que os POPs de partida das unidades não condiziam com o cenário real de operação da refinaria. Devido a isso, alguns operadores utilizavam procedimentos tácitos para realizar a tarefa. A falta de coordenação entre as ações dos operadores que utilizavam procedimentos padronizados, e as ações dos demais que utilizavam os procedimentos tácitos contribuiu decisivamente para a ocorrência do acidente. Exemplos similares são encontrados na literatura da segurança na aviação. Snook (2000) relata o caso de dois helicópteros norte americanos abatidos por fogo amigo no norte do Iraque. Neste caso, os POPs para o abatimento de aeronaves foram devidamente seguidos pelos pilotos dos caças que cometeram os disparos.

Contudo, todo o contexto organizacional, incluindo os procedimentos, induziu os pilotos a confundirem helicópteros de forças amigas com outros de forças inimigas.

Em ambientes da indústria, como a automobilística, onde as variabilidades na linha de frente são menores, a utilização de POP é facilitada, podendo se apresentar de forma mais rígida, segundo as características anteriormente citadas acerca de padrões em ambientes enxutos (LIKER, 2005; HAFEY, 2010). Por outro lado, em ambientes de maior variabilidade, os procedimentos devem ser mais flexíveis e o sistema como um todo, incluindo os procedimentos, deve ser tolerante à um grau de variabilidade que não pode, e muitas vezes, não deve ser eliminado (DEKKER, 2003). Dessa forma fica evidenciada a necessidade de gerenciar os procedimentos de acordo com a complexidade dos sistemas sócios-técnicos em que eles são utilizados. De fato, a compatibilidade entre todos os elementos de um sistema sócio-técnico, bem como entre os elementos e a natureza do sistema no qual eles estão inseridos, é um dos mais importantes princípios de projeto de sistemas sócio-técnicos (CLEGG, 2000). Entretanto, para que seja possível avaliar tal compatibilidade, é necessário que existam referências claras acerca de como os elementos do sistema sócio-técnico, no caso deste estudo os procedimentos, devem ser gerenciados em sistemas complexos.

Embora diversos autores discutam procedimentos em sistemas complexos (DEKKER, 2011; SAGAN, 1993; DEGANI; WIENER, 1997), até o momento essas recomendações não foram compiladas, nem discutidas explicitamente sob a perspectiva de características de sistemas complexos que vem sendo consistentemente citadas por vários estudos. Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é compilar as recomendações para gestão de procedimento em sistemas sócio-técnicos complexos, com base em um estudo de revisão bibliográfica.

2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COMPLEXOS

É essencial, para o entendimento do presente trabalho, a diferenciação entre sistemas lineares e sistemas complexos (CILLIERS, 1998). De acordo com Perrow (1984), em sistemas complexos há um alto grau de interconectividade e interdependência entre os componentes. Nesses sistemas, ocorrem interações não familiares e inesperadas, as quais geralmente não são visíveis e facilmente compreendidas. São exemplos típicos de sistemas complexos as plantas petroquímicas, as usinas nucleares, os hospitais e a

aviação. De forma distinta, sistemas lineares são aqueles com baixo grau de interconectividade entre os componentes, nos quais as interações têm claras relações de causa e efeito, sendo familiares e facilmente compreensíveis. Uma linha de montagem de automóveis é um típico exemplo de um sistema linear

A Tabela 1 apresenta uma relação de definições de sistemas complexos, que são apresentadas por autores de reconhecida importância na área de complexidade de sistemas sócio-técnicos. Com base nessa tabela, foram escolhidas as sete características que foram abordadas, de forma explícita ou implícita, por no mínimo três publicações. Essas foram consideradas como propriedades caracterizadoras de um sistema complexo, que são apresentadas a seguir:

- (a) Sistemas complexos são definidos por uma grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo. Em função disso, um sistema complexo muda ao longo do tempo (CILLIERS, 1998; PERROW; 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011).
- (b) Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007; DEKKER, 2011).
- (c) Sistemas complexos possuem circuitos fechados (*feedback loops*), ou seja, uma atividade desenvolvida em um determinado momento dentro do sistema pode retroalimentar ela mesma, levando tanto a sua intensificação quanto a sua redução, em função da natureza das interações que ocorrem ao longo do circuito (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS e HOLLNAGEL, 2005).
- (d) Um sistema complexo é aberto, no sentido de que o ambiente externo exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim, há uma contínua troca de energia entre o sistema e o que ocorre ao redor dele (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; DEKKER, 2011).
- (e) Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema, dessa forma o mesmo possui história (CILLIERS, 1998, DEKKER, 2011).
- (f) A tomada de decisões em sistemas complexos ocorre sob substancial incerteza, pois as informações vêm de inferências ou fontes indiretas. Em função disso, é impossível descrever e controlar completamente um sistema complexo

(HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS e HOLLNAGEL, 2005).

- (g) Em sistemas complexos há componentes operando em modo comum, ou seja, quando um componente é utilizado por mais de um elemento simultaneamente e com propósitos diferentes, facilitando a riqueza das interações entre elementos (PERROW, 1984; CILLIERS, 1998; DEKKER, 2011).

Em certos casos, pode-se, equivocadamente, considerar um sistema como sendo complexo quando na realidade ele é simplesmente complicado. Dekker (2011) considera que tanto sistemas complicados como complexos possuem características em comum, como a de possuir um grande número de interações entre os componentes que os compõem. No entanto, diferentemente dos sistemas complexos, um sistema complicado é totalmente controlável e passível de descrição. Com base na análise de uma série de relatórios de acidentes, Perrow (1984) estima que, mesmo em sistemas complexos, apenas 10% dos elementos possuem interações com características de complexidade. No entanto, se o sistema tem um grande número de elementos, tais 10% podem implicar em um número muito elevado de possíveis interações complexas, as quais têm um potencial consideravelmente superior para causar acidentes sistêmicos quando comparadas às interações lineares.

Tabela 1 Características de sistemas complexos propostas por autores clássicos na área de complexidade em sistemas sócio-técnicos

Características	Publicações				
	Cilliers, 1998	Perrow, 1984	Woods e Hollnagel, 2005	Heylighen et al. 2007	Dekker, 2011
Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros.	X	X			X
Sistema complexo possui etapas de produção próximas.		X			
Sistema complexo possui conexões variadas entre componentes que operam em modo comum sem uma sequência de produção.	X	X			X
Um sistema complexo exige especialização de pessoal.		X			
Elementos devem interagir em um sistema complexo e essa interação deve ser dinâmica.	X	X			
Sistema complexo possui interações que são não lineares.	X			X	X
As interações, em um sistema complexo, possuem um alcance relativamente curto.	X				
Há circuitos fechados nas interações em sistemas complexos.	X	X	X		
Sistemas complexos são usualmente sistemas abertos.	X	X			X
Sistemas complexos operam sob condições longe do equilíbrio.	X				X
Sistemas complexos têm história.	X		X		X
Qualquer elemento do sistema é ignorante sobre o comportamento do sistema como um todo.	X	X	X	X	X

3 GESTÃO DE PROCEDIMENTOS

3.1 Conceito e Etapas da Gestão de Procedimentos

Hale et al. (2003) definem um sistema de gestão como sendo uma série de passos lógicos que devem ser realizados com a finalidade de planejar, executar, avaliar e controlar a aplicação de determinadas regras. Tratando-se de regras que envolvam segurança operacional, tradicionalmente são utilizados procedimentos que abordam prescrições detalhadas quanto a como agir perante situações antecipadas (BLAKSTAD et al. 2010). No caso desse tipo de documento, com um foco prescritivo, o conhecimento presente advém de experiências práticas com acidentes e eventos críticos (RASMUSSEN, 1997).

Hale et al. (2003) desenvolveram um modelo a ser seguido para a gestão de regras de segurança com um foco proativo. No presente artigo, que tem interesse em definir um conceito e etapas da gestão de procedimentos, é usada uma adaptação do modelo de Hale et al. (2003) (Figura 1). Nessa adaptação, a primeira etapa da gestão de procedimentos é definir em que cenários será aplicado o modelo, ou seja, definir sistemas para realizar estudo. Em um segundo momento, deve-se escolher quais cenários são necessários os princípios para realizar a gestão dos procedimentos. A partir desse momento, deve ocorrer um ciclo contínuo envolvendo as seguintes etapas (a) avaliar quais princípios são aplicáveis nos cenários escolhidos; (b) aprovar o uso dos princípios de gestão de procedimentos em conjunto com gerência e operação; (c) disseminar, treinar e executar os princípios aprovados; (d) monitorar os princípios de gestão de procedimentos, fazer cumprir e avaliar a sua aplicação; (e) avaliar eventuais melhorias e modificações nos princípios de gestão de procedimentos e retornar à etapa (a).

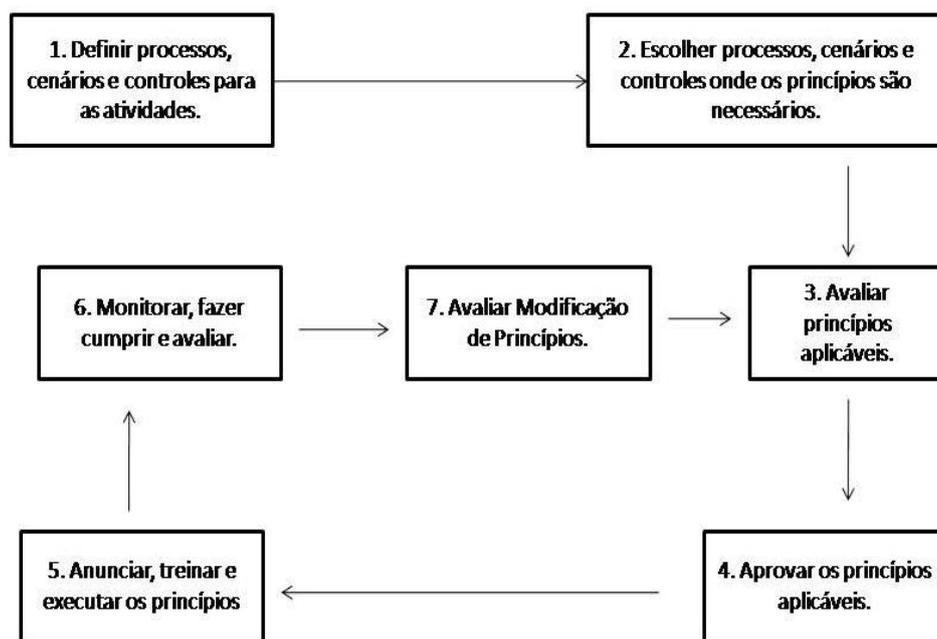


Figura 1 Modelo gráfico para definição de gestão de procedimentos (adaptado de Hale et al. 2003)

3.2 Visão da Produção Enxuta Sobre a Gestão de Procedimentos

Com base no trabalho padronizado, pode-se projetar o trabalho de cada operador, definir uma sequência de operação, bem como identificar e eliminar os desperdícios nas atividades rotineiras (SUZAKI, 1987). A padronização contribui para a eficiência de produção, evitando a recorrência de produtos defeituosos, erros operacionais e acidentes (OHNO, 1988).

Ohno (1997) propõe que três informações constem em um formulário de operação padrão, quais sejam: (a) sequência das atividades, (b) tempo de ciclo de cada atividade e (c) estoque padrão. Marodin (2009) apresenta uma compilação de requisitos necessários no desenvolvimento de padrões sob a perspectiva enxuta, com base em diversos autores (MILTENBURG, 2001; BLACK, 1998; HARRIS; HARRIS, 2007): (a) explicitação do *takt time*, que é o ritmo de consumo do cliente, definido pela razão entre o tempo disponível para produzir e a demanda do cliente nesse período; (b) explicitação da separação entre o tempo homem e o tempo máquina, as atividades que requerem intervenção dos operadores e aquelas que requerem apenas as máquinas; (c) um desenho do arranjo físico, que inclua a sequência de movimentações dos operadores.

Em que pese a crescente disseminação da visão enxuta acerca de padronização, esta visão não deve ser interpretada como uma verdade absoluta ou fonte de resultados positivos em qualquer instância. Berggren (1992) aponta, em sua análise do sistema Toyota de produção, uma série de aspectos negativos, tais como demanda de desempenho sem limites, excessiva pressão sobre os trabalhadores, dentre outros.

3.3 Visão Sócio-Técnica da Gestão de Procedimentos

Cumprindo uma posição reconciliadora, os princípios de gestão de sistemas sócio-técnicos trazem uma perspectiva diferente da enxuta acerca dos procedimentos padronizados. Segundo Clegg (2000), a teoria sócio-técnica tem em seu cerne a noção de que os sistemas somente podem funcionar satisfatoriamente se o sistema social e o técnico forem tratados como aspectos interdependentes. Aquele autor apresenta dezenove critérios para projetar um sistema segundo uma perspectiva sócio-técnica. Seis desses critérios podem ser destacados em função do seu impacto sobre o desenvolvimento e gestão de procedimentos:

- a) Projeto deve retratar as necessidades de negócio, usuários e gerência. Assim, os procedimentos devem ser desenvolvidos com base nas necessidades do sistema como um todo, não a de um ponto específico;
- b) O projeto é um processo social. Assim, com base nas relações sociais dentro do sistema, deve ser realizada a gestão dos procedimentos;
- c) Sistemas devem ser simples em sua conformação, possibilitando a visualização de problemas. Assim, a gestão de procedimentos deve ser baseada em princípios compreensíveis e de fácil identificação, com robustez suficiente para encontrar e lidar com problemas;
- d) Problemas devem ser controlados na fonte. Assim a gestão de procedimentos deve ser baseada em princípios claros em todas as etapas desse processo, enfatizando a eliminação de perigos e o equilíbrio entre produção e segurança;
- e) Os projetos devem ser propriedade dos gerentes e usuários. Assim, a concepção de procedimentos bem como a sua gestão deve ser participativa, envolvendo os diversos níveis hierárquicos existentes no sistema;
- f) O projeto envolve educação multidisciplinar. Assim, o desenvolvimento de procedimentos deve envolver perspectivas de diversas áreas, dessa forma agregando para a robustez do mesmo.

4 MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento dos princípios de gestão de procedimentos foi realizado com base em uma revisão bibliográfica. Os resultados foram analisados segundo uma estrutura analítica explícita.

A revisão da literatura enfatizou publicações de autores de reconhecida importância na área de gestão da segurança em sistemas complexos, priorizando suas publicações em livros e periódicos internacionais no campo de ergonomia. Esses periódicos foram acessados a partir de portais como Emerald, CAPES e Scielo, utilizando as seguintes palavras-chaves: procedimentos, complexidade, adaptabilidade, sistemas sócio-técnicos complexos, padronização.

Dentre os periódicos selecionados, foram selecionados os artigos com contribuições teóricas referentes à gestão de procedimentos. Em linhas gerais, os artigos foram classificados em dois grandes grupos: (a) aqueles que tratavam de recomendações gerais para a gestão de procedimentos, porém sem explicitar um enunciado de princípios de gestão (por exemplo, DEKKER, 2005; CHRISTOFFERSEN e WOODS, 1999; HOLLNAGEL 2004); (b) aqueles que enunciavam princípios de gestão de procedimentos (por exemplo, DEKKER, 2003; DEGANI; WIENER, 1997; BERGSTROM et al., 2009). Em ambos os grupos, os autores não discutiam as recomendações e / ou princípios explicitamente sob a perspectiva da teoria da complexidade, bem como não havia a visão de procedimentos como algo a ser inserido em um ciclo de gestão, mas apenas como documentos estáticos. Também vale salientar que foram excluídas aquelas publicações com recomendações para a padronização do trabalho de operadores de linha de frente na indústria da manufatura, tendo em vista que esse ambiente é relativamente menos complexo do que aqueles enfatizados neste trabalho.

A fim de facilitar a criação e o entendimento dos nove princípios desenvolvidos, eles foram divididos em quatro categorias, quais sejam: (a) princípios associados à filosofia de gestão dos procedimentos; (b) princípios associado ao processo de concepção dos procedimentos; (c) princípios associados ao conteúdo dos procedimentos e; (d) princípios associados ao monitoramento de procedimentos.

Apresentados os princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, é desenvolvida uma discussão de quais princípios de procedimentos são necessários para sistemas que possuem cada uma das características de sistemas complexos. Dessa forma é possível avaliar, para diferentes sistemas, quais princípios de procedimentos que devem ser empregados. Com a finalidade de possuir uma estratégia de análise de resultados, um mapa conceitual foi elaborado, contendo as informações das características de complexidade vinculadas aos princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos.

5 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DE PROCEDIMENTOS EM SISTEMAS COMPLEXOS

5.1 Princípios Associados à Filosofia de Gestão dos Procedimentos

5.1.1 Os procedimentos são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não sendo, necessariamente, interpretados como uma norma rígida

Procedimentos operacionais padronizados possuem limitações, sendo impossível mesmo para o projetista mais experiente, prever todas as situações anormais que podem ocorrer. Em sistemas complexos, há a ocorrência de eventos onde nenhuma resposta é previamente planejada (CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999). Nessas circunstâncias, os procedimentos não devem conduzir a simples rotinas a serem seguidas (SUCHMAN, 1987). Sendo assim, procedimentos devem ser interpretados como recursos para realizar a tarefa, não como a tarefa em si. Esta questão é exemplificada no acidente fatal do vôo Swissair 111, onde os pilotos decidiram seguir os procedimentos quando detectaram a presença de fumaça no *cockpit*. Os procedimentos orientavam para a procura da origem da fumaça, o que acabou sendo cumprido pelos pilotos ao invés de tratar de extinguir o fogo ou aterrissar a aeronave. Dessa forma o avião terminou por ser consumido pelas chamas (BURIAN; BASHIR, 2003). Neste caso, ter seguido o procedimento é identificado como sendo um problema ao invés de uma solução do acidente.

5.1.2 Os procedimentos são interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso

Procedimentos são investimentos em segurança, no entanto, em muitas situações eles não são suficientes para criá-la (DEKKER, 2003). Partindo dessa definição é possível enquadrar essa visão de procedimento ao que Hollnagel (2004) caracteriza como

procedimento cumprindo o papel de barreira imaterial preventiva, que conforme o autor são aquelas barreiras organizacionais que não necessitam estarem presentes ou representadas no sistema, porém dependem do conhecimento do usuário que pretende cumprir com suas tarefas. Por mais que os procedimentos levem em consideração, boa parte das recomendações apresentados neste trabalho, o desempenho esperado não será alcançado caso as interfaces homem-máquina e o sistema de troca de informações não contribuam para uma correta interpretação situacional. Da mesma forma, a eficácia da tarefa será dificultada caso os recursos técnicos, como ferramentas e equipamentos com manutenção em dia, forem deficientes.

5.1.3 Deve existir uma capacitação, por meio de estratégias formais e informais, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos

Dekker (2011) defende que a habilidade para adaptar procedimentos deve ser desenvolvida. Sendo assim, se obterá pessoas capazes de ponderar os riscos de adaptar ou não adaptar os procedimentos. A capacitação através de treinamentos ou até mesmo a não punição devido à adaptação de procedimentos deve ser uma prática presente em organizações que lidam com sistemas complexos.

O desenvolvimento das habilidades de adaptar procedimentos é interpretado como um conjunto de habilidades não técnicas. Essas habilidades são caracterizadas pelos recursos pessoais, sociais e cognitivos de um indivíduo ou equipe, dessa forma contribuindo para um desempenho satisfatório da atividade (FLIN; O'CONNOR, CRICHTON, 2008). Com a finalidade de implementar uma capacitação voltada a adaptação de procedimentos, tais habilidades devem ser identificadas e treinadas em cada sistema. Um estudo (CRANDALL et al., 2006) demonstra que a identificação das habilidades não técnicas se dá através da busca por entender e descrever o trabalho sob a ótica do trabalhador, como os mesmos enxergam seu trabalho e como os eventos e elementos fazem sentido para eles.

5.2 Princípio Associado ao Processo de Concepção dos Procedimentos

5.2.1 Os procedimentos são concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão

Procedimentos devem ser desenvolvidos e planejados de acordo a filosofias e políticas condizentes com o meio operacional aonde esses serão aplicados (DEGANI; WIENER, 1997). Dessa forma, se torna importante a presença de uma equipe de profissionais possuidores de significativa experiência operacional no desenvolvimento e gerenciamento do conteúdo dos procedimentos. Clegg (2000), em um de seus critérios de design de sistemas sócio-técnicos, explicita que esse é um processo que deve envolver uma equipe multidisciplinar. Dessa forma se é capaz de incorporar distintas perspectivas de uma mesma tarefa. Também para garantir a contextualização dos procedimentos com o sistema em que estão inseridos, é fundamental uma política de revisão periódica dos mesmos, seguindo uma visão advinda de processos de melhoria contínua conforme Liker (2005). A necessidade de uma equipe multifuncional decorre do fato de que múltiplas perspectivas são possíveis e necessárias para interpretar um sistema complexo (PAGE, 2007). Sistemas complexos possuem uma diversidade de elementos e interações (CILLIERS, 1998; PERROW; 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011), dessa forma essa diversidade deve ser incorporada no momento de concepção dos procedimentos.

5.3 Princípios Associados ao Conteúdo dos Procedimentos

5.3.1 O conteúdo dos procedimentos explicita suas relações de dependência com outros elementos do sistema sócio-técnico, salientando os motivos e impactos dessas relações

Os impactos sistêmicos dos procedimentos deveriam, ao menos parcialmente, ser antecipados na sua concepção. Os procedimentos possuem interações com outros elementos do sistema sócio-técnico, sendo que essas interações podem ser benéficas ou detrimenais (DEGANI; WIENER, 1997). Esse princípio tem, como contribuição principal, induzir os projetistas e usuários dos procedimentos, ao pensamento sistêmico, visando se contrapor à tendência de que a racionalidade local seja muito limitada.

5.3.2 Os procedimentos explicitam as características do contexto organizacional em que eles são válidos, assim como as características do contexto organizacional que podem levar a necessidades de adaptação ou mesmo de não conformidade

Procedimentos são aplicados dentro de um contexto sócio-técnico. Em ambientes de maior complexidade, a dinâmica do sistema resulta em frequentes modificações das características organizacionais (PERROW, 1986; CILLIERS, 1998; WOODS; HOLLNAGEL, 2005). Dessa forma, algumas das modificações mais previsíveis, bem como os limites de aplicabilidade dos procedimentos, podem ser explicitadas no seu conteúdo, tendo em vista facilitar a identificação de situações que exigem adaptações ou mesmo a não conformidade. Exemplo de condições que necessitam ser tratados nos procedimentos é a execução de tarefa em condições anômalas, como nos casos de ter que atuar com indisponibilidade de recursos técnicos ou atividades em situações em que o sistema se encontra com alta variabilidade, podendo envolver riscos a segurança e integridade física.

5.4 Princípios Associados ao Monitoramento de Procedimentos

5.4.1 A cultura organizacional, ou seja, o sistema de comportamentos, normas e valores sociais de uma organização, reconhece que as diferenças entre os procedimentos e o trabalho real podem ser, frequentemente, legítimas e normais

Procedimentos são inevitavelmente incompletos, contendo descrições abstratas, e justamente por isso, sua aplicação exige um conjunto de habilidades cognitivas, tais como reconhecer pontos de inconsistência no procedimento, ponderar riscos e adaptá-lo (BERGSTROM et al., 2009). Assim, especialmente em sistemas complexos, o procedimento não pode ser considerado como o trabalho em si. O trabalho também requer julgamentos locais, que levem em consideração o tempo para realizar a tarefa, a relevância e os *trade-offs*, dentre outros fatores. Portanto, as organizações devem reconhecer que, em sistemas complexos, as diferenças entre procedimentos e o trabalho real podem ser, frequentemente, legítimas e normais. Contudo, vale salientar que essas diferenças dependem das variabilidades existentes no sistema em cada momento, de modo que, mesmo em sistemas complexos, o cumprimento de procedimentos também pode ser parte da rotina normal durante longos períodos (DEKKER, 2011).

5.4.2 As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real

A diferença entre os procedimentos e as ações no mundo real deve ser monitorada, tendo em vista entender as razões de sua existência, sem necessariamente buscar sua eliminação (DEKKER, 2003). De fato, o monitoramento dos procedimentos é tão importante quanto a sua concepção, contribuindo para aproximar o trabalho prescrito e o real. Dekker (2003) defende que a diferença entre os procedimentos e a ação real é fruto da incapacidade das organizações em prover recursos como tempo, ferramentas e documentos necessários para alcançar o desempenho esperado da tarefa. Tal monitoramento pode ser realizado de diversas formas, como se utilizando de medições de desempenho, avaliando a aplicação das tarefas no ato, controlando relatórios de incidentes e anomalias. O modo mais adequado para realizar tal monitoramento é vinculado diretamente com as características do sistema que se pretende monitorar, dessa forma ele deve variar caso a caso.

5.4.3 O descumprimento de procedimentos não é, necessariamente, um erro humano e nem algo passível de punição

Procedimentos devem possuir uma capacidade de lidar com a contribuição da cognição humana, dessa forma não sendo interpretados como uma regra absoluta no desenvolvimento de tarefas. Pariès (2011) descreve o caso da aeronave que em 2009 foi obrigada a realizar um pouso forçado no rio Hudson em Nova York, fato provocado pela falha de dois motores atingidos por um bando de aves. Naquela crítica situação, os procedimentos padronizados não foram completamente seguidos pelos pilotos, sendo a experiência do comandante e sua consciência situacional fundamentais no processo de tomada das decisões sensatas que acabaram por garantir a segurança e eficácia na operação, onde foi decidido realizar um pouso forçado na água, ao invés de seguir o procedimento de se deslocar para um aeroporto mais próximo. Casos similares são encontrados na literatura como em Snook (2000) que trata do abatimento de duas aeronaves amigas em uma operação militar, fato causado por diversos fatores sistêmicos incluindo os procedimentos que eram falhos. Carley (1999) trata de um acidente onde a decisão de não adaptar os procedimentos e segui-los conforme estava nos manuais no caso de fogo na aeronave custou a vida de toda uma tripulação. Dessa forma, em

sistemas complexos o descumprimento de um procedimento não é necessariamente uma violação, ele pode representar uma solução particular a alguma situação inesperada.

Autores (DEKKER, 2005; PERROW, 1984) discutem a questão do erro humano, levantando a questão de que quando avaliado o resultado de eventos críticos, se interpretado na racionalidade local de quem estava executando a tarefa, normalmente não são encontrados erros, devido ao fato de que as ações e decisões faziam sentido em tais circunstâncias. Sendo assim, o erro é sistêmico e não pode ser atribuída sua culpa a um único elemento do sistema, no caso o homem que executa a tarefa. O erro pode advir de diversos fatores que integram um sistema produtivo, como por exemplo, comunicação, procedimentos, gerenciamento de tarefas e até mesmo das condições de trabalho, como carga horária excessiva, ambiente insalubre entre outros.

6 DISCUSSÕES

Dentre as características de complexidade abordadas no presente trabalho, o fato de sistemas complexos serem definidos por grande quantidade de parâmetros, além do fato de seus elementos constituintes interagirem dinamicamente (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011), é um exemplo de características, que provoca uma quebra de paradigma da gestão de procedimento em sistemas complexos com a abordada em sistemas lineares. As frequentes interações, sendo que algumas delas não lineares (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN ET AL., 2007; DEKKER, 2011), induz o executante das tarefas a não seguir os procedimentos de maneira rígida, por o sistema apresentar-se eventualmente em um estado distinto ao que consta nos procedimentos (DEKKER, 2011). A diferença existente entre o que consta no procedimento e o que de fato está acontecendo no sistema no momento de executar a tarefa, serve de argumento na criação de dois princípios: (a) o procedimento não deve ser interpretado como uma regra rígida e sim como um suporte flexível; (b) a não penalização pelo descumprimento de procedimentos (DEKKER, 2005; PERROW, 1984).

Da mesma forma, outras características de complexidade, como por exemplo, o fato de sistemas complexos sofrerem influência, tanto do sistema externo quanto da sua história (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; DEKKER, 2011), reflete na necessidade de princípios de gestão de procedimentos nesse tipo de sistema, como na explicitação de

em quais condições operacionais os procedimentos devem ser adaptados ou não, assim como na capacitação de como adaptar os procedimentos frente a possíveis influências externas.

A Figura 2 representa um mapa conceitual que sintetiza a relação dos princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, com as características desse tipo de sistema. Na Figura 2, as expressões destacadas em verde estão relacionadas com as características de sistemas complexos, enquanto as destacadas em amarelo representam as relacionadas com gestão de procedimentos. As características de complexidade, bem como, os princípios de gestão de procedimentos, não estão expostas de modo explícito, ficando evidenciadas através do agrupamento de duas ou mais expressões. Por exemplo, o princípio “Gestão de procedimentos em sistemas complexos deve tratar procedimento como um dos vários recursos para operação” é composto pelo agrupamento de quatro expressões.

7 CONCLUSÕES

Os procedimentos são tidos como importante ferramenta em diversos domínios. Contudo sua aplicação é comprometida, devido à impossibilidade de sua aplicação e necessidade de adaptação do mesmo em determinados momentos. Essas situações são encontradas com maior frequência em sistemas complexos. A fim de trazer contribuições nesse âmbito, o objetivo do presente artigo é o desenvolvimento de princípios para a gestão de procedimentos em sistemas complexos.

Através de uma revisão da literatura, foram obtidos nove princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos. Após essa etapa foram relacionados as características de sistemas complexos com os princípios de gestão de procedimentos em esse tipo de sistema. Através dessa relação é possível desenvolver um modelo sistemático para a avaliação de quais princípios devem ser contemplados de acordo com quais características de sistemas complexo o sistema em estudo apresenta. Ficando também como recomendação a revisão da relação entre os princípios de procedimentos e as características de complexidade por um grupo de especialistas.

REFERÊNCIAS

- BAKER J. The Report of The BP U.S. Refineries. Independent **Safety Review Panel**, 2007.
- BERGGREN, C. **Alternatives to lean production: work organization in the Swedish auto industry**, School of Industrial and Labor Relations, Cornell University Ithaca New York. 1992.
- BERGSTROM J., DAHLSTROM N., WINSEN R., LUTZHOF M., DEKKER S., NYCE J. Rule – and Role – Retreat : an Empirical Study of Procedures an **Resilience. Journal of Maritime Research**, Vol. VI, 2009.
- BLACK T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1998.
- BLAKSTAD, H. HOVDEN J. ROSNESS R. Reverse invention: An inductive bottom-up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modifications in the Norwegian railway system. Elsevier, **Safety Science** vol. 48 pg. 382–394, 2010.
- BURIAN, B.; BARSHI, I. Emergency and Abnormal Situations: A Review of ASRS Reports. **12th International Symposium on Aviation Psychology**. Wright State University Press, Dayton, Ohio, 2003.

CARLEY, W., Swissair pilots differed on how to avoid crash. **Wall Street J.**, January 21, 1999.

CHRISTOFFERSEN K., WOODS D. **The Occupational Ergonomics Handbook**, CRC Press LCC, 1999.

CILLIERS P. **Complexity and Postmodernism – Understanding complex systems**. Routledge, Oxon, 1998.

CLEGG C. Sociotechnical principles for system design. Elsevier, **Applied Ergonomics**. p. 463 -477 Vol. 31, 2000.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. **Working Minds: A Practitioner's Guide to cognitive Task Analysis**. Cambridge: The MIT Press, 2006.

DEGANI A., WIENNER E. Procedures in Complex Systems: The Airline Cockpit. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans**, Vol. 27 No. 3, 1997.

DEKKER S. **Drift into Failure – From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems**, Ashgate, 2011.

DEKKER S. **Ten Questions About Human Error- A New View of Human Factors and System Safety**. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers New Jersey, 2005.

DEKKER S. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety, Elsevier, **Applied Ergonomics** 34 (2003) 233–238, 2003.

FLIN, R.; O'CONNOR, P.; CRICHTON, M. **Safety at the sharp end: a guide to Non-Technical Skills**. Hampshire/Burlington: Ashgate, 2008.

HALE L.; HOUSEHOLDERJ.; GREENDE, L. The theory of reasoned action. Em J.P. DILLARD J.; PFAU M. (Eds.), **The persuasion handbook: Developments in theory and practice** (pp. 259–286). Thousand Oaks, CA: Sage.2003.

HAFEY R. **Lean Safety**, New York: Taylor and Francis Group, 2010.

HARRIS, C.; HARRIS, R. **Developing a lean workforce: a guide for human resources, plant managers, and lean coordinators**. New York: Productivity Press, 2007.

HEYLIGHEN, F. CILLIERS, P., & GERSHENSON, C. **Complexity and Philosophy. Complexity, Science and Society**. Oxford, UK: Radcliffe, 2007.

HOLLNAGEL E. **Barriers and Accident Prevention**. Aldershot, UK: Ashgate, 2004.

LIKER, J. **O Modelo Toyota – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K., MEIER D. **O Modelo Toyota - Manual de aplicação.** Porto Alegre Bookman, 2006.

MARODIN G. A. **Diretrizes para avaliação da utilização de práticas de produção enxuta em células de manufatura.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS. Porto Alegre, 2008.

MILTENBURG, J. U-shaped production lines: A review of theory and practice. **International Journal of Production Economics.** Vol. 70, p. 201-214, 2001.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: ArtesMédicas, 1997.

PAGE S. **The Difference – How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms Schools, and Societies,** Princeton University Press, 2007.

PARIÈS J. Lessons from the Hudson. Em **Resilience Engineering in Practice,** Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2011.

PERROW C. **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies,** Basic Books, New York, 1984.

PRINGLE J. **On the Parallel between Learning and Evolution,** Behaviour, vol. 3, 1951.

RASMUSSEN J. Risk Management in a Dynamic Society: a Modelling Problem. **Safety Science** Vol. 27, p. 183-213, 1997.

ROTHER M., SHOOK J. **Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate MUDA.** Massachusetts : Brookline, 1998.

SAGAN S. **The Limits of Safety: Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons.** Princeton, Princeton University Pres, 1993.

SNOOK S. **Friendly Fire: The accidental shoot down of U.S. Black Hawks over northern Iraq.** Princeton University Press, 2000.

SPEAR, S., BOWEN, K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review,** 1999.

SUCHMAN L. **Plans and Situated Actions: the problem of human-machine communication,** Cambridge University Press, 1987.

SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge.** New York: Free Press, 1987.

TAYLOR, F. **Princípios da Administração Científica.** São Paulo; Atlas, 2010

WOODS D., & HOLLNAGEL E. **Joint and Cognitive Systems An Introduction to cognitive Systems Engineering**, New York CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

**CAPITULO IV – ARTIGO 3: PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE
COMPATIBILIDADE ENTRE A GESTÃO DE PROCEDIMENTOS E A
COMPLEXIDADE DE UM SISTEMA SÓCIO-TÉCNICO**

Protocolo de Avaliação de Compatibilidade entre a Gestão de Procedimentos e a Complexidade de um Sistema Sócio-Técnico

1 INTRODUÇÃO

A partir dos estudos de Taylor (1911), o desenvolvimento de procedimentos padronizados está entre os meios comumente utilizados na operação de sistemas produtivos. Tais procedimentos contribuem para reduzir a variabilidade, incorporar boas práticas às rotinas de trabalho, estabelecer um referencial para a melhoria contínua e facilitar as tarefas de planejamento e controle (CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999; DEKKER, 2005; LIKER, 2005; LIKER; MEIER, 2006).

Clegg (2000) afirma que o projeto de um sistema sócio-técnico, que inclui, por exemplo, procedimentos, disposição espacial de equipamentos, organização do trabalho, entre outros, pode ser melhorado e funcionar de forma satisfatória, caso o sistema social e o sistema técnico sejam tratados em conjunto como aspectos interdependentes. Aquele autor apresenta uma série de princípios para o projeto de sistemas sócio-técnicos, dos quais a compatibilidade entre os sistemas social e técnico, bem como desses com o ambiente externo, está presente como um princípio que permeia todos os outros.

Neste contexto, é possível questionar se os procedimentos que estão sendo utilizados para dar suporte à operação de sistemas complexos, de fato, são compatíveis com a natureza dos sistemas onde são aplicados. A análise de alguns acidentes em sistemas complexos indica que essa compatibilidade por vezes não existe (PARIÈS, 2011; PERROW, 1984; SNOOK, 2000; DEKKER, 2011, BAKER, 2007).

Dentre os exemplos de acidentes catastróficos, cujas causas estão vinculadas a incompatibilidade entre a gestão de procedimentos e o sistema em que eles estão inseridos, alguns podem ser destacados, tal como a explosão da refinaria da British Petroleum, em Texas City no ano de 2005. No relatório de investigação desse acidente (BAKER, 2007), foi observado que os procedimentos operacionais padronizados (POPs) de partida das unidades não condiziam com o cenário real de operação que existia na refinaria. Devido a isso, alguns operadores utilizavam procedimentos tácitos para realizar as tarefas. A falta de coordenação entre as ações dos operadores que utilizavam procedimentos padronizados e as ações dos demais que utilizavam os

procedimentos tácitos contribuiu decisivamente para a ocorrência do acidente. Exemplos similares são encontrados na literatura da segurança na aviação. Snook (2000) relata o caso de dois helicópteros norte americanos abatidos por fogo amigo no norte do Iraque. Neste caso, os POPs para o abatimento de aeronaves foram devidamente seguidos pelos pilotos dos caças que cometeram os disparos. Contudo, todo o contexto organizacional, incluindo os procedimentos, induziu os pilotos a confundirem helicópteros de forças amigas com outros de forças inimigas.

Assim, os procedimentos nem sempre são concebidos de modo compatível com a complexidade do sistema sócio-técnico em que são aplicados, e da mesma forma nem sempre há uma gestão que vise sistematicamente garantir essa compatibilidade. Tendo em vista essa situação, são necessários mecanismos para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados. O objetivo principal do presente artigo é o desenvolvimento de um protocolo com essa finalidade. A aplicação do protocolo é ilustrada por meio de um estudo de caso em um centro de controle de uma refinaria de petróleo, o qual possibilita a discussão dos pontos fortes e fracos do protocolo, bem como de suas contribuições teóricas e práticas.

2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COMPLEXOS

A diferenciação de dois sistemas onde o trabalhador está inserido, o linear e o complexo, é fundamental para o entendimento do presente trabalho. Classificar o sistema onde o trabalho está sendo executado está relacionado com o tipo de interações que ocorrem dentro do mesmo (CILLIERS,1998). Perrow (1984) define sistemas complexos como sendo sistemas com alto grau de interconectividade e interdependência entre os componentes. Nesses sistemas são evidenciadas interações não familiares e inesperadas, além de possuírem seqüências de compreensibilidade não imediata. Exemplo: indústria petroquímica, usinas nucleares, hospitais e aviões. De forma distinta o mesmo autor define sistemas lineares como sendo sistemas com baixo grau de interconectividade entre os componentes. Neles é possível a separação dos vários estágios de produção. Possui interações familiares e esperadas. Exemplo: indústria automobilística e de manufatura.

Uma série de acidentes na indústria petroquímica, nuclear e na aviação, apresentados por diversos autores (PARIÈS, 2011; PERROW, 1984; SNOOK, 2000; DEKKER, 2011, BAKER, 2007), apontam que, em sistemas como esses, considerados complexos, a complexidade traz efeitos positivos e negativos.

Para o desenvolvimento de princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos e posterior criação de um protocolo para avaliar se estes estão sendo cumpridos, é fundamental primeiramente uma caracterização do que é um sistema complexo. A variedade de definições e características atribuídas aos sistemas complexos cria a necessidade que elas sejam compiladas. A fim de sanar essa necessidade foi criada a Tabela 1 que apresenta uma relação de definições de sistemas complexos, que são apresentadas em publicações consideradas de relevância na área da complexidade. Com base nessa Tabela 1 foram escolhidas as sete definições que foram abordadas, de forma explícita ou implícita, por no mínimo três publicações. Essas foram consideradas como propriedades caracterizadoras de um sistema complexo que são apresentadas a seguir:

- (a) Sistemas complexos são definidos por uma grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo. Em função disso, um sistema complexo muda ao longo do tempo (CILLIERS, 1998; PERROW; 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011).
- (b) Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN et al., 2007; DEKKER, 2011).
- (c) Sistemas complexos possuem circuitos fechados (*feedback loops*), ou seja, uma atividade desenvolvida em um determinado momento dentro do sistema pode retroalimentar ela mesma, levando tanto a sua intensificação quanto a sua redução, em função da natureza das interações que ocorrem ao longo do circuito (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS e HOLLNAGEL, 2005).
- (d) Um sistema complexo é aberto, no sentido de que o ambiente externo exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim, há uma contínua troca de energia entre o sistema e o que ocorre ao redor dele (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; DEKKER, 2011).

Tabela 2 Relação de definições de sistemas complexos em trabalhos relevantes quanto importância na área da complexidade

Características	Publicações				
	Cilliers, 1998	Perrow, 1984	Woods e Hollnagel, 2005	Heylighen et al. 2007	Dekker, 2011
Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros.	X	X			X
Sistema complexo possui etapas de produção próximas.		X			
Sistema complexo possui conexões variadas entre componentes que operam em modo comum sem uma sequência de produção.	X	X			X
Um sistema complexo exige especialização de pessoal.		X			
Elementos devem interagir em um sistema complexo e essa interação deve ser dinâmica.	X	X			
Sistema complexo possui interações que são não lineares.	X			X	X
As interações, em um sistema complexo, possuem um alcance relativamente curto.	X				
Há circuitos fechados nas interações em sistemas complexos.	X	X	X		
Sistemas complexos são usualmente sistemas abertos.	X	X			X
Sistemas complexos operam sob condições longe do equilíbrio.	X				X
Sistemas complexos têm história.	X		X		X
Qualquer elemento do sistema é ignorante sobre o comportamento do sistema como um todo.	X	X	X	X	X

- (e) Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema, dessa forma o mesmo possui história (CILLIERS, 1998, DEKKER, 2011).
- (f) A tomada de decisões em sistemas complexos ocorre sob substancial incerteza, pois as informações vêm de inferências ou fontes indiretas. Em função disso, é impossível descrever e controlar completamente um sistema complexo (HEYLIGHEN et al., 2007; CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; WOODS e HOLLNAGEL, 2005).
- (g) Em sistemas complexos há componentes operando em modo comum, ou seja, quando um componente é utilizado por mais de um elemento simultaneamente e com propósitos diferentes, facilitando a riqueza das interações entre elementos (PERROW, 1984; CILLIERS, 1998; DEKKER, 2011).

Em certos casos, pode ser de relativa facilidade cometer o equívoco de considerar uma determinada organização ou tarefa como sendo complexa quando na realidade ela é simplesmente complicada. Dekker (2011) considera que tanto sistemas complicados como complexos possuem características em comum, como a de possuir um grande número de interações entre os componentes que os compõem, ou a de serem suscetíveis a sucessos advindos de intervenção tecnológica ou gerencial. No entanto, diferentemente dos sistemas complexos, um sistema complicado é totalmente controlável. Avaliando uma série de relatórios de acidentes, Perrow (1984) estima que, mesmo em sistemas complexos, apenas 10% dos elementos possuem interações com características de complexidade. No entanto, essas apresentam um potencial consideravelmente superior para causar acidentes sistêmicos quando comparadas às demais interações presentes.

3 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DE PROCEDIMENTOS

Em diversos casos, é observado na indústria que os procedimentos costumam não ser cumpridos. Dekker (2005) afirma que isso não se deve à falta de qualificação ou má vontade das pessoas, mas normalmente à incompatibilidade entre os procedimentos e o contexto em que eles são utilizados. De fato, os ambientes de trabalho, especialmente em sistemas complexos, possuem uma variabilidade maior que os procedimentos podem incorporar (DEKKER, 2003; DEKKER, 2005; BERGSTROM et al. 2009). Dessa forma, mesmo o cumprimento de um procedimento pode não ser suficiente para evitar acidentes (SNOOK 2000).

Atualmente, os procedimentos são criados partindo da lógica que esses estarão inseridos em um meio onde tudo ocorrerá conforme o previsto, sem variações ou distúrbios na execução das tarefas (DEKKER, 2011). O fato de os sistemas estarem se tornando cada vez mais complexos faz com que exista uma tendência de que cada vez mais os procedimentos sejam descumpridos devido a forma como eles normalmente são concebidos. Ou seja, sem considerar a compatibilidade com a complexidade do sistema sócio-técnico em que são aplicados.

O descumprimento de um procedimento não necessariamente deve ser interpretado como algo negativo. A adaptação de procedimentos pode ser interpretada como um meio de obtenção de resiliência, desde que a gestão dos procedimentos seja concebida com base na interpretação da complexidade do meio onde os procedimentos são aplicados (DEKKER, 2011; WOODS e HOLLNAGEL, 2005). Dessa forma, fica evidenciada a necessidade de desenvolver um protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados.

A fim de avaliar a compatibilidade da gestão de procedimentos com a complexidade do sistema onde esses são empregados, é essencial um prévio desenvolvimento de princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos. Tais princípios foram desenvolvidos com base na literatura. Dentre os periódicos selecionados para compor a revisão literária, foram selecionados os artigos com contribuições teóricas referentes a gestão de procedimentos. Em linhas gerais, os artigos foram classificados em dois grandes grupos: (a) aqueles que tratavam de recomendações gerais para a gestão de procedimentos, porém sem explicitar um enunciado de princípios de gestão (por exemplo, DEKKER, 2003; CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999; HOLLNAGEL 2004); (b) aqueles que enunciavam princípios de gestão de procedimentos (por exemplo, DEKKER, 2011; DEGANI; WIENER, 1997; BERGSTROM et al., 2009). Em ambos os grupos, os autores não discutiam as recomendações e / ou princípios explicitamente sob a perspectiva da teoria da complexidade, bem como não havia a visão de procedimentos como algo a ser inserido em um ciclo de gestão, mas apenas como documentos estáticos.

Os princípios desenvolvidos estão agrupados em quatro categorias: (a) princípios associados à filosofia de gestão dos procedimentos; (b) princípios associados ao processo de concepção dos procedimentos; (c) princípios associados conteúdo dos procedimentos; (d) princípios associados ao monitoramento de procedimentos.

Princípios associados à filosofia de gestão dos procedimentos

- (a) Os procedimentos são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não sendo, necessariamente, interpretados como uma norma rígida.
- (b) Os procedimentos são interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.
- (c) Deve existir uma capacitação, por meio de estratégias formais e informais, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.

Princípio associado ao processo de concepção dos procedimentos

- (d) Os procedimentos são concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão

Princípios associados ao conteúdo dos procedimentos

- (e) O conteúdo dos procedimentos explicita suas relações de dependência com outros elementos do sistema sócio-técnico, salientando os motivos e impactos dessas relações.
- (f) Os procedimentos devem explicitar os fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.

Princípios associados ao monitoramento de procedimentos

- (g) A cultura organizacional, ou seja, o sistema de comportamentos, normas e valores sociais de uma organização, reconhece que as diferenças entre os procedimentos e o trabalho real podem ser frequentemente, legítimas e normais.
- (h) As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.

- (i) O descumprimento de procedimentos não é, necessariamente, um erro humano e nem algo passível de punição.

Dentre as características de complexidade abordadas no presente trabalho, o fato de sistemas complexos serem definidos por grande quantidade de parâmetros, além de seus elementos constituintes interagirem dinamicamente (CILLIERS, 1998; PERROW; 1984; PRINGLE, 1951; DEKKER, 2011), é um exemplo de característica, assim como as demais, que provoca uma quebra de paradigma da gestão de procedimento em sistemas complexos com a abordada em sistemas lineares. As frequentes interações, sendo que algumas delas não lineares (CILLIERS, 1998; HEYLIGHEN ET AL., 2007; DEKKER, 2011), induzem o executante das tarefas a não seguir os procedimentos de maneira rígida, por o sistema apresentar-se eventualmente em um estado distinto ao que consta nos procedimentos (DEKKER, 2011). A diferença existente entre o que consta no procedimento e o que de fato está acontecendo no sistema no momento de executar a tarefa, serve de argumento na criação de dois princípios: (a) o procedimento não deve ser interpretado como uma regra rígida e sim como um suporte flexível; (b) a não penalização pelo descumprimento de procedimentos (DEKKER, 2005; PERROW, 1984).

Da mesma forma, outras características de complexidade, como por exemplo, o fato de sistemas complexos sofrerem influência, tanto do sistema externo quanto da sua história (CILLIERS, 1998; PERROW, 1984; DEKKER, 2011), reflete na necessidade de princípios de gestão de procedimentos nesse tipo de sistema. Por exemplo, na explicitação de em quais condições operacionais, os procedimentos devem ser adaptados ou não, assim como na capacitação de como adaptar os procedimentos frente a possíveis influências externas.

A Figura 1 representa um mapa conceitual que sintetiza a relação dos princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, com as características desse tipo de sistema. Na Figura 1, as expressões destacadas em verde estão relacionadas com as características de sistemas complexos, enquanto as destacadas em amarelo representam as relacionadas com gestão de procedimentos. As características de complexidade, bem como, os princípios de gestão de procedimentos, não estão expostas de modo explícito, eles ficam evidenciados através do agrupamento de duas ou mais expressões. Por exemplo, o princípio “Gestão de procedimentos em sistemas complexos deve tratar

procedimento como um dos vários recursos para operação” é composto pelo agrupamento de quatro expressões.

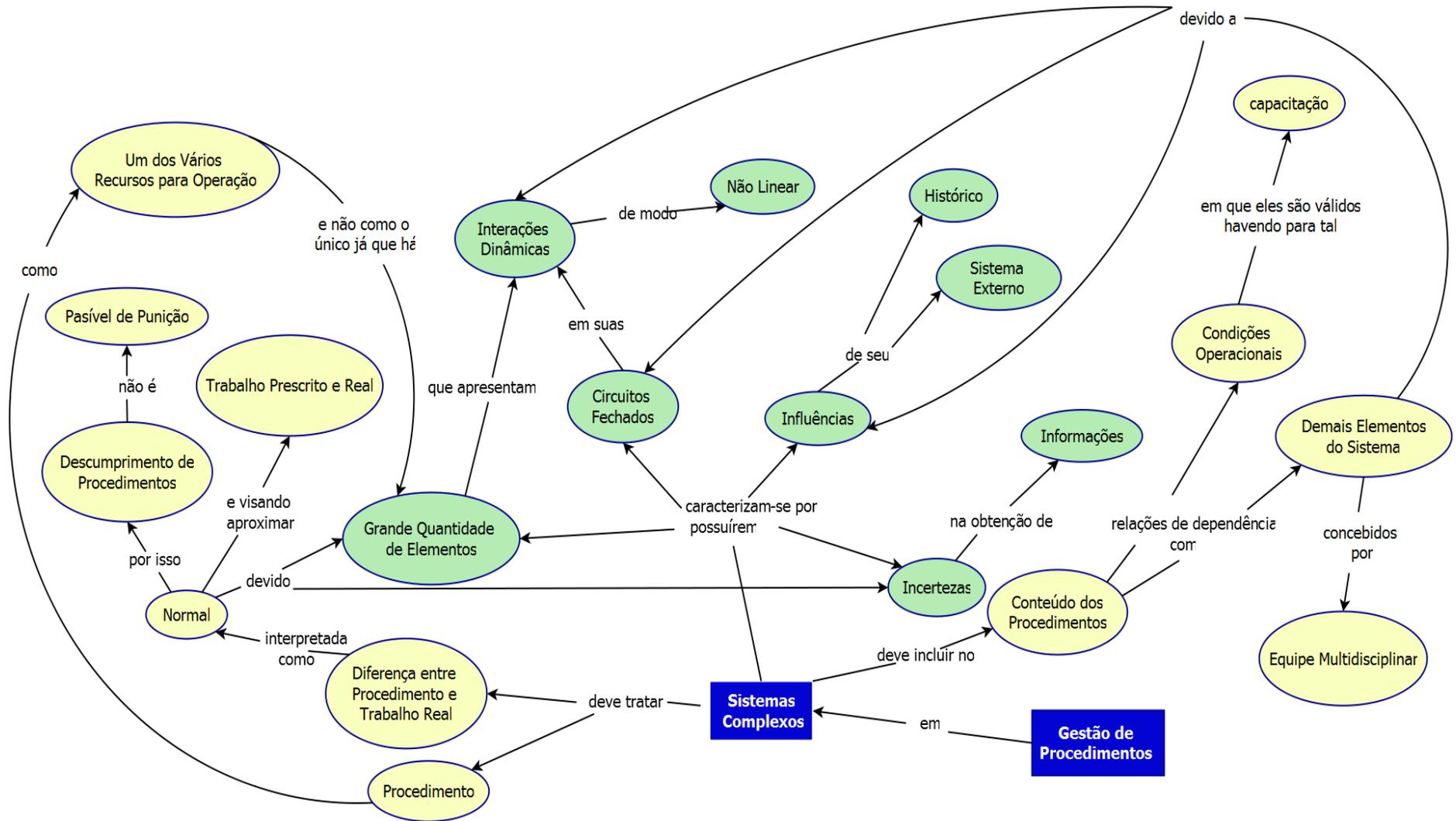


Figura 1 Mapa Conceitual da Relação dos Princípios de Procedimentos em Sistemas Complexos e as Características desse Tipo de Sistema

4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE ENTRE A GESTÃO DE PROCEDIMENTOS E A COMPLEXIDADE DE UM SISTEMA SÓCIO-TÉCNICO

4.1 Delimitação do Sistema Sócio-Técnico a Ser Estudado

A primeira etapa do protocolo é definir qual o sistema a ser estudado. Partindo da proposta, que é avaliar a compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade de um sistema sócio-técnico, é fundamental que o sistema a ser estudado apresente sintomas de complexidade. Tais possíveis evidências de complexidade devem ser identificadas pelo aplicador do protocolo nos primeiros encontros com representantes do sistema onde se pretende aplicar a ferramenta. Através dessas reuniões deve-se escolher um sistema específico a se estudar. Para isso, é fundamental estabelecer os limites do próprio sistema. Esses limites devem ser estabelecidos tanto fisicamente quanto no âmbito organizacional, levando em consideração quais cargos e atividades específicas serão estudadas.

4.2 Caracterização do Sistema Sócio-Técnico

Definidos os limites do sistema a ser estudado, é necessária a caracterização dos quatro sub-sistemas que compõem o sistema sócio-técnico de interesse (HENDRICK; KLEINER, 2001): (a) social; (b) técnico; (c) organizacional; e (d) ambiente externo. Vale salientar que o objetivo final do protocolo é a avaliação dos procedimentos, portanto na etapa de caracterização do sistema organizacional, a avaliação da forma como os procedimentos prescritos e tácitos são utilizados é tido como uma parte fundamental na obtenção dos resultados. A Figura 2 apresenta as evidências e fontes de evidências utilizadas para caracterizar os subsistemas.

Sub-sistema	Evidências	Fontes de Evidências
Social	Quantidade de operadores; sexo; idade; escolaridade; tempo de experiência.	Lista de dados do efetivo.
Técnico	Equipamentos utilizados; grau de atualização tecnológica; frequência de utilização e manutenção dos equipamentos.	Lista de Instrumentos; Documentos de comunicação interna (apresentação de resultados anuais da empresa, comunicação de incidentes, solicitação de revisão de procedimentos); Observações locais; Perguntas durante a operação.
Organizacional	Cargo ocupado por cada integrante do sistema; Regime de Trabalho (carga, turno, salário/forma de remuneração, prêmios por desempenho, critérios para prêmios); Treinamentos recebidos (tipo, duração, conteúdo, periodicidade); Procedimentos prescritos e tácitos utilizados (quantidade, forma de revisão, conteúdo); Presença de trabalho em equipe, entre que pessoas/setores; Dificuldade de execução.	Manuais de Operação; Procedimentos; Observações locais; Perguntas durante operação; Consulta a supervisores e gerentes; Fluxograma de processo. Relatórios de incidentes.
Ambiente Externo	Fatores externos, que eventualmente influem no sistema. Por exemplo clima, pressões da sociedade, meio ambiente, condições políticas e econômicas. Impacto das atividades das demais unidades/plantas nas suas atividades. Pressão de clientes.	Relatórios de incidentes; Observações locais; Perguntas durante operação;

Figura 2 Evidências e fontes de evidências para caracterização dos subsistemas sócio-técnicos

4.3 Caracterização da Complexidade

Após a caracterização dos subsistemas, a terceira etapa do protocolo proposto é a análise da complexidade do sistema com base nas sete características de um sistema complexo apresentadas na seção 2. A avaliação é realizada de modo qualitativo, através de entrevistas, análise de documentos e observações. A Figura 3 apresenta as características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para a sua análise.

Complementando a coleta de dados, deve ser utilizado o Método das Decisões Críticas (MDC), com a finalidade de agregar informações a respeito da caracterização dos subsistemas sócio-técnicos e fornecer evidências complementares para a análise das características da complexidade. O MDC é constituído de uma entrevista dividida em quatro etapas: identificação de um evento onde houve um processo cognitivamente demandante, elaboração da linha do tempo dos fatos que ocorreram no evento, aprofundamento no entendimento do caso através do esclarecimento de dúvidas e, finalmente, uma série de questionamentos condicionais do tipo “e se... o que você faria” (CRANDALL et al, 2006)

Características da Complexidade	Fontes de Evidências		
<p>Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo, dessa forma o sistema deve mudar com o tempo.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de operação; fluxograma de processo; Documentos de comunicação interna.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Com que intensidade são realizadas as trocas de informações no posto de trabalho? A frequência das interações varia com o tempo? É observada uma evolução ou mudança no sistema ao longo do tempo?</p>	<p><u>Observações</u> Observar e registrar número de elementos integrantes do sistema. Observar frequência de interações entre os elementos. Observar acoplamento das interações entre elementos, com base no correlacionamento de diferentes variáveis do processo.</p>
<p>Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Fluxograma de Processo; Procedimentos Operacionais Padronizados;</p>	<p><u>Entrevistas</u> As variáveis do sistema (temperaturas, pressões, níveis, vazões) normalmente operam longe ou próximo de uma situação de equilíbrio operacional? O que você faz quando os procedimentos não são aplicáveis?</p>	<p><u>Observações</u> Observar como os procedimentos são seguidos pelos operadores. Realizar comparação entre as ações executadas e o planejado. Observar saltos de uma seqüência de atividades para outras, com base no que os procedimentos previam que ocorresse e o que de fato ocorreu.</p>
<p>Presença de circuitos fechados, ou seja uma atividade desenvolvida em um determinado momento dentro de um sistema complexo pode retroalimentar o sistema havendo assim um retorno positivo ou negativo, ocasionado pela ação executada anteriormente.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Fluxograma de Processo; Relatório de Incidentes.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Há retroalimentações nas atividades desenvolvidas? É cotidiano uma ação desencadear uma série de demais ações, resultantes da primeira?</p>	<p><u>Observações</u> Observar eventos que possuam circuitos fechados. Observar aparecimento de reações tanto estimulantes quanto inibidoras no posto de trabalho.</p>

Figura 3 Características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para avaliar as mesmas

<p>O ambiente externo do sistema exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim a uma troca dinâmica do que ocorre com o sistema e ao redor dele.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Manual de Operação; Documentos de Comunicação Interna; Manual de Treinamentos.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Fatores externos influenciam na execução da tarefa? Quais são os que mais exercem essa influência? Em que Intensidade?</p>	<p><u>Observações</u> Observar influencia do ambiente externo no sistema. Identificar quais os principais elementos do ambiente externo que influenciam no sistema.</p>
<p>Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Documentos de comunicação Interna; Procedimentos Operacionais Padronizados; Manual de Treinamentos; Relatórios de Incidentes.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema? Incidentes, mudam ou influenciam a maneira com que as tarefas são desenvolvidas por vocês?</p>	<p><u>Observações</u> Observar mudanças no modo de desenvolver tarefas dos trabalhadores causados por incidentes passados.</p>
<p>Sistemas complexos possuem incerteza na obtenção de informações, sendo que essas podem advir de inferências ou fontes indiretas.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Fluxograma de Processo; Manual de Operação; Diagramas de Instrumentação.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Você confia na instrumentação utilizada para desenvolver o trabalho? As informações transmitidas ao realizar as tarefas são confiáveis?</p>	<p><u>Observações</u> Observar instrumentos que possuam incerteza na informação. Observar a presença de inferências. Observar quantidade e qualidade de informação passada ao operador.</p>
<p>Existência de componentes operando em modo comum, facilitando a riqueza das interações entre elementos.</p>	<p><u>Análise de Documentos</u> Fluxograma de Processo; Manual de Operação; Manual de Treinamento.</p>	<p><u>Entrevistas</u> Há elementos operando em modo comum? Quais são?</p>	<p><u>Observações</u> Observar a existência de elementos operando em modo comum.</p>

Figura 3(Continuação) Características da complexidade e as respectivas fontes de evidências necessárias para avaliar as mesmas

4.4 Análise de Compatibilidade da Gestão de Procedimentos com a Complexidade do Sistema Sócio-Técnico

A caracterização do sistema sócio-técnico, assim como de sua complexidade, conforme sugerido no protocolo, fornece uma visão e conhecimento aprofundado do sistema em estudo. Após a obtenção de tal conhecimento, é possível iniciar a avaliação da compatibilidade da gestão de procedimentos, caso seja identificado que de fato o sistema apresenta as características de complexidade. Para isso devem ser aplicados dois questionários aos operadores do local em estudo. O questionário 1 (apêndice B) contém 9 questões a fim de avaliar se os operadores e supervisores concordam com a aplicação dos princípios de gestão de procedimentos (ver item 3) dentro do sistema sócio-técnico investigado. O questionário 2 (apêndice C) contém 9 questões a fim de avaliar a percepção acerca da intensidade da aplicação dos princípios de gestão de procedimentos no setor. Dessa forma, o primeiro questionário é denominado aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos, enquanto que o segundo questionário é denominado uso de princípios de gestão de procedimentos.

Os questionários foram desenvolvidos de forma que há uma questão referente a cada um dos princípios de gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos. Em cada questionário as questões estão numeradas de forma que a questão um do questionário de aplicabilidade dos princípios trata do mesmo princípio de gestão de procedimentos abordado na questão um do questionário de uso dos princípios.

Os questionários devem ser respondidos pelos funcionários do local em estudo. Para responder, o respondente demonstra o grau de concordância com cada questão possuindo liberdade para assinalar um X em qualquer ponto de uma escala, que possui quinze centímetros. A Figura 4 mostra um exemplo de preenchimento de questionário. Os resultados dos questionários são obtidos através da medição em centímetros de cada uma das respostas (contando da esquerda para a direita), para assim avaliar o grau de concordância dos operadores com as afirmações apresentadas.

Deve existir uma capacitação, por meio de estratégias formais e informais específicas, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.

Discordo Totalmente Neutro X Concordo Totalmente

Existe na Logística uma capacitação, por meio de estratégias formais e informais específicas, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.

Discordo Totalmente Neutro X Concordo Totalmente

Figura 4 Exemplo de preenchimento do questionário de aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos (parte superior) e do questionário de uso de princípios de gestão de procedimentos2 (embaixo)

Após a aplicação dos questionários, é necessário avaliar quais dos questionários serão considerados válidos. Para isso são utilizados os seguintes critérios: (a) são válidos questionários respondidos por operadores que exercem, ou já exerceram, a função no sistema em estudo; (b) são válidos questionários com mais de 70% das afirmações respondidas; (c) são válidos questionários com menos de 30% das respostas sinalizadas nos extremos.

Verificados quais questionários serão utilizados, é necessário realizar o cálculo do índice Alfa de Cronbach (equação 1, onde k igual a número de questões, S_i^2 variância do item i e St^2 variância dos valores totais observados), que determina a consistência interna do questionário. Esse número adimensional indica se a escala foi compreendida e se os dados são minimamente confiáveis, com base em uma avaliação da variabilidade das respostas feitas pelos respondentes. Um resultado aceitável é alcançado quando o índice é igual ou superior a 0,55 (CRONBACH, 1951).

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{St^2} \right] \quad (1)$$

No momento em que se obtém uma amostra de questionários que possuam um Alfa de Cronbach superior a 0,55 para os dois tipos de questionários, é possível realizar a análise dos resultados. Essa avaliação se dá do seguinte modo:

(a) inicialmente, devem ser calculadas as estatísticas descritivas básicas (média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação) do questionário1 (aplicabilidade dos princípios) para avaliar a concordância dos operadores com os princípios propostos. Assumindo que a avaliação de complexidade confirmou a presença de todas as características de sistemas complexos, deveria haver uma concordância com todos os princípios (médias maiores que 7,5). Caso essa concordância não ocorra, por o sistema ser complexo, há indícios de que os operadores têm uma interpretação sobre procedimentos incompatível com a natureza do mesmo.

(b) em um segundo momento, devem ser avaliadas as médias aritméticas do questionário 2 (uso dos princípios). As questões que possuem médias aritméticas abaixo de 7,5 indicam pouco uso dos princípios, segundo os operadores. Nesses casos, são identificados aspectos que devem ser melhorados na gestão de procedimentos.

(c) por último, deve-se comparar a média aritmética das respostas do questionário de aplicabilidade dos princípios com a do questionário de uso dos princípios. Essa comparação é feita por meio da equação 2, onde Δ_i é a diferença entre a média aritmética das respostas, para o princípio de gestão de procedimentos i nos dois questionários, $X1_i$ média aritmética das respostas do questionário de aplicabilidade do princípio i e $X2_i$ média aritmética das respostas do questionário de uso do princípio i . Dessa forma é possível obter três situações: (i) um valor positivo, indicando que os operadores consideram que o princípio deveria ser aplicado de forma mais intensa do que realmente ocorre; (ii) um valor negativo, indicando que tal princípio é aplicado de modo mais presente do que os operadores consideram correto; (iii) o valor zero indicando que o princípio é aplicado com a mesma intensidade que os operadores consideram correto. O valor de Δ_i em módulo representa a percepção dos operadores quanto a diferença do que acreditam ser o ideal e o que de fato ocorre no setor. Sendo assim, as diferenças de maior módulo evidenciam pontos de melhorias mais explícitos, segundo a visão dos respondentes.

$$\Delta_i = X1_i - X2_i \quad (2)$$

A fim de facilitar a interpretação dos dados, também deve ser calculado o coeficiente de variação (CV) de cada questão, assim como o valor mínimo e máximo respondido pelos operadores. Dessa forma, é possível avaliar a variabilidade nas respostas apresentadas,

tratando de identificar questões onde aparecem maiores ou menores discordâncias entre os respondentes.

O resultado dos questionários, em conjunto com os demais dados coletados, permite discutir a extensão pela qual cada princípio é aplicado, bem como a extensão pela qual cada princípio deveria ser aplicado. Os resultados finais devem ser apresentados e discutidos em reuniões com alguns dos operadores que responderam os questionários, bem como com supervisores e gerentes. Os profissionais que participam das reuniões devem estar comprometidos com a pesquisa, de forma a obter resultados consistentes e fidedignos, dessa forma o comprometimento deve ser priorizado em relação ao número de participantes nas reuniões. Essas reuniões devem ser divididas entre pessoas que ocupem os mesmos tipos de cargos hierárquicos, tendo em vista não influenciar e inibir a opinião de um operador frente a um supervisor ou gerente e vice-versa. Dessa forma, os resultados devem ser validados, e propostas devem ser discutidas para trazer melhorias. Finalizada essa etapa, uma última entrevista deve ser realizada com uma ou mais pessoas que acompanharam a aplicação do protocolo por parte da empresa, para verificar a aspectos de melhorias no próprio protocolo aplicado. A Figura 5 trata de representar graficamente um resumo das etapas para aplicação do protocolo proposto e como elas se relacionam.

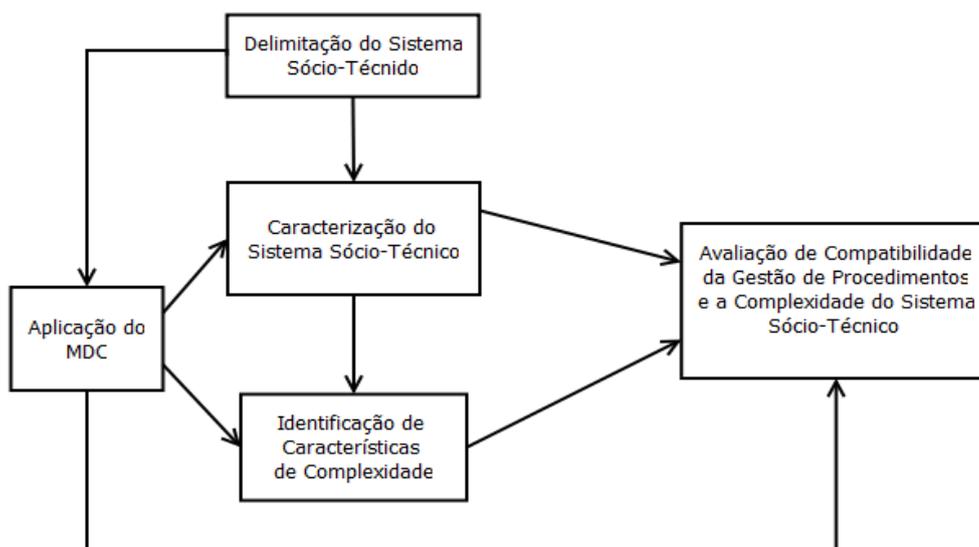


Figura 5 Representação gráfica do protocolo de avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade em um sistema sócio-técnico

5 MÉTODO

5.1 Delimitação do Sistema Sócio-Técnico a Ser Estudado

O protocolo, proposto como objetivo principal desse artigo, foi desenvolvido e testado por meio de um estudo de caso no setor de logística de uma refinaria de petróleo. O setor petroquímico foi escolhido devido aos seguintes motivos: ser um sistema apontado na literatura como complexo (PERROW, 1984, DEKKER, 2005), interesse da refinaria em desenvolver melhorias nos seus processos gerenciais; a familiaridade do pesquisador que coletou os dados com o domínio em questão, na medida em que possui formação em engenharia química e já realizou trabalhos anteriores de assessoria na mesma planta estudada.

Previamente ao início da coleta de dados de campo, houve um encontro com três representantes, de três áreas da empresa: (a) gestão da segurança e meio ambiente, visto que o projeto tinha implicações fortes para a segurança individual e de processos; (b) automação e controle, devido a interface entre os sistemas de controle e automação com a segurança na planta petroquímica (c) logística, visto que o protocolo foi aplicado nesse setor. Esses representantes tiveram as funções de facilitar o acesso às instalações, pessoas e documentos envolvidos na coleta de dados, bem como monitorar o andamento e resultados do trabalho. Na reunião inicial com esses funcionários, a proposta de pesquisa e conceitos de complexidade foram apresentados, bem como foi definido o foco no setor da logística, visto que este aparentava possuir as características de complexidade previamente apresentadas. Dessa forma, ficou delimitado o sistema sócio-técnico a ser pesquisado, ou seja, o trabalho dos operadores do centro de controle no setor da logística.

5.2 Caracterização do Sistema Sócio-Técnico

A coleta de dados para caracterização dos subsistemas e para a caracterização da complexidade foi realizada ao longo de dois meses (10 visitas) e consumiu aproximadamente 55 horas. Nas visitas, o pesquisador ficava posicionado na sala de controle (geralmente sentado) nas proximidades dos operadores, observando e analisando as evidências dos subsistemas sócio-técnicos e da complexidade.

As evidências e fontes utilizadas para analisar os subsistemas foram em certa medida similares às utilizadas para avaliar a complexidade. Por exemplo, os relatórios de incidentes que foram utilizados para caracterizar o subsistema externo, também foram úteis no momento de evidenciar a característica de complexidade de os fatos ocorridos no passado influenciarem as ações presentes e futuras do sistema. Ao total, dentre os nove tipos de documentos utilizados para caracterizar o sistema sócio-técnico e a complexidade, cinco eram comuns para as duas análises. Entre os quatro tipos de documentos que somente foram utilizados para uma das análises, é possível citar os diagramas de instrumentação. Esses apresentavam uma série de informações consideradas irrelevantes no momento de caracterizar o subsistema técnico, já que esses documentos possuíam detalhes muito específicos quanto aos tipos de controles e instrumentos utilizados no processo. Contudo, esse documento se mostrou útil no momento de estudar as interações que existiam entre as variáveis do processo, através da observação de quais variáveis eram controladas e como isso era feito.

Os momentos de observações eram alternados com conversas informais com os operadores, sendo possível realizar perguntas acerca do funcionamento do sistema e das evidências buscadas. Quanto aos documentos, 60 deles foram analisados, dentre os nove tipos de documentos propostos para análise, como procedimentos gerais da empresa, procedimentos específicos do setor, manuais de equipamentos, relatórios de incidentes e diagramas de processo. O acesso a esses documentos era realizado somente na refinaria através da intermediação de funcionários.

5.3 Caracterização da Complexidade

Após a caracterização dos subsistemas, foram avaliadas a presença das sete características de um sistema complexo apresentadas na seção 2. Para isso, foram utilizadas as informações coletadas na caracterização do sistema sócio-técnico, bem como as entrevistas utilizando o MDC.

A aplicação do MDC foi realizada através de entrevistas à três supervisores e dois operadores que também possuíam função de supervisores interinos do setor em estudo, já que havia dois supervisores que estavam de férias no período das entrevistas. Ao total, o setor possui 5 supervisores e 5 operadores com função de supervisor interino. Os operadores não foram entrevistados, pois não tinham disponibilidade de tempo para

tanto, especialmente considerando que as entrevistas por meio do MDC geralmente são longas. Totalizou-se aproximadamente 5 horas de entrevistas, que não puderam ser gravadas em função de solicitação dos entrevistados.

A análise dos dados coletados possibilitou identificar todas as características da complexidade dentro do sistema em estudo. No entanto, uma vez que um sistema complexo por definição é dinâmico e possui um grande número de elementos e interações, ele também inclui características de sistemas lineares. Dessa forma, a análise também salienta contra-evidências de complexidade identificadas no sistema sócio-técnico investigado.

Ao final do levantamento dos dados, os resultados foram apresentados aos três representantes da refinaria que estavam na reunião de lançamento do projeto. Nessa reunião, foram discutidos, em aproximadamente uma hora e trinta minutos, os resultados da avaliação da presença de características de complexidade no sistema da logística e oportunidades de melhorias do sistema da logística em lidar com tal complexidade. Os resultados da avaliação do sistema sócio-técnico foram apresentados de forma breve nesse encontro, devido ao fato que tais informações já eram claras para as pessoas que conviviam diariamente no sistema de logística de refinaria e havia uma limitação de tempo para realizar a reunião.

5.4 Análise de Compatibilidade da Gestão de Procedimentos com a Complexidade do Sistema Sócio-Técnico

Avaliada a complexidade do sistema sócio-técnico em estudo, é iniciado o processo de avaliação da compatibilidade da gestão de procedimentos com a complexidade do sistema. Previamente à entrega dos questionários, realizou-se uma reunião com dois supervisores do setor da logística com a finalidade de verificar se as questões provavelmente seriam bem compreendidas pelos operadores. Uma série de sugestões de melhorias foi colocada pelos supervisores, especialmente em termos de redação das questões. Por exemplo, os supervisores sugeriram que as afirmações presentes no primeiro questionário incluíssem a palavra “deve”, para trazer a idéia de que isso seria uma suposição de algo ideal, não necessariamente o que ocorre na realidade do sistema. Após a realização das melhorias, uma nova versão dos questionários foi avaliada pelos supervisores, que concordaram com a aplicação dos mesmos. Contudo, os supervisores

exigiram que os dois questionários fossem aplicados conjuntamente, devido a pouca disponibilidade de tempo que os operadores possuem para se deslocar até a sala onde os questionários eram aplicados.

Os questionários foram respondidos por 4 supervisores e 26 operadores, todos do setor da logística e com tempo de experiência suficiente (no mínimo, 2 anos) para poder trabalhar no centro de controle. Na etapa de verificação de quais questionários seriam considerados válidos, constatou-se que os sessenta questionários respondidos foram considerados válidos. Os resultados finais foram apresentados e discutidos em três reuniões. Na primeira reunião, havia três operadores experientes, na segunda estiveram presentes quatro supervisores e um operador, enquanto que na terceira reunião havia dois gerentes que trabalham no setor. As reuniões foram divididas dessa forma tendo em vista não influenciar e inibir a opinião de um operador frente a um supervisor ou gerente e vice-versa. Dessa forma, os resultados foram validados e propostas foram discutidas para trazer melhorias.

Através da utilização do protocolo proposto, foi possível obter considerável contribuição para a melhoria da gestão de procedimentos no setor da logística, através de soluções originais, propostas muitas vezes pelos próprios operadores e supervisores. Dessa forma ficou explícita a utilidade da ferramenta desenvolvida. Contudo, no aspecto de facilidade da aplicação do protocolo, foi identificada a necessidade de possuir certa capacitação teórica para poder aplicá-lo. Essa constatação foi levantada através de uma reunião de avaliação do protocolo com um supervisor que participou ativamente na pesquisa.

6 RESULTADOS

6.1 Resumo do Processo do Refino do Petróleo

A refinaria em estudo foi inaugurada no final da década de 70, iniciando suas operações no auge da expansão do projeto estatal do setor petrolífero. Dessa forma, ajudando a alterar a relação comercial brasileira no segmento energético e de combustíveis, já que o Brasil com a criação das primeiras unidades de refino passou a importar mais petróleo bruto e menos derivados (WTRHEE, 2011). Em 2001, a refinaria começou obras de ampliação que foram concluídas no segundo semestre de 2006, aumentando sua capacidade de processamento de petróleo de 20 mil para os atuais 30 mil m³/dia.

O petróleo bruto chega à refinaria e é armazenado em tanques com capacidade individual próxima a 80 mil m³. Uma amostra é analisada pelo laboratório da refinaria para determinar suas características, já que existem diferentes tipos de petróleo com diversas especificações e que podem possuir comportamentos distintos no processo. Analisado, o petróleo passa pela primeira etapa do processo que é a dessalgação, na qual são retirados água e sais dissolvidos. A seguir, o petróleo é aquecido dentro da unidade de destilação e enviado para uma torre de destilação, onde ocorre a primeira separação dos derivados. As frações mais pesadas do petróleo constituem resíduos que são bombeados para um forno, para novo aquecimento. Após, os resíduos são enviados para uma torre de destilação à vácuo, processo que gera uma segunda safra de derivados, gasóleos e um novo resíduo. O gasóleo é a matéria-prima para a unidade de craqueamento, onde a estrutura molecular do gasóleo é rompida em moléculas menores, resultando no GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e gasolina, os derivados nobres do petróleo. A Figura 6 ilustra uma versão simplificada do processo de refino do petróleo.

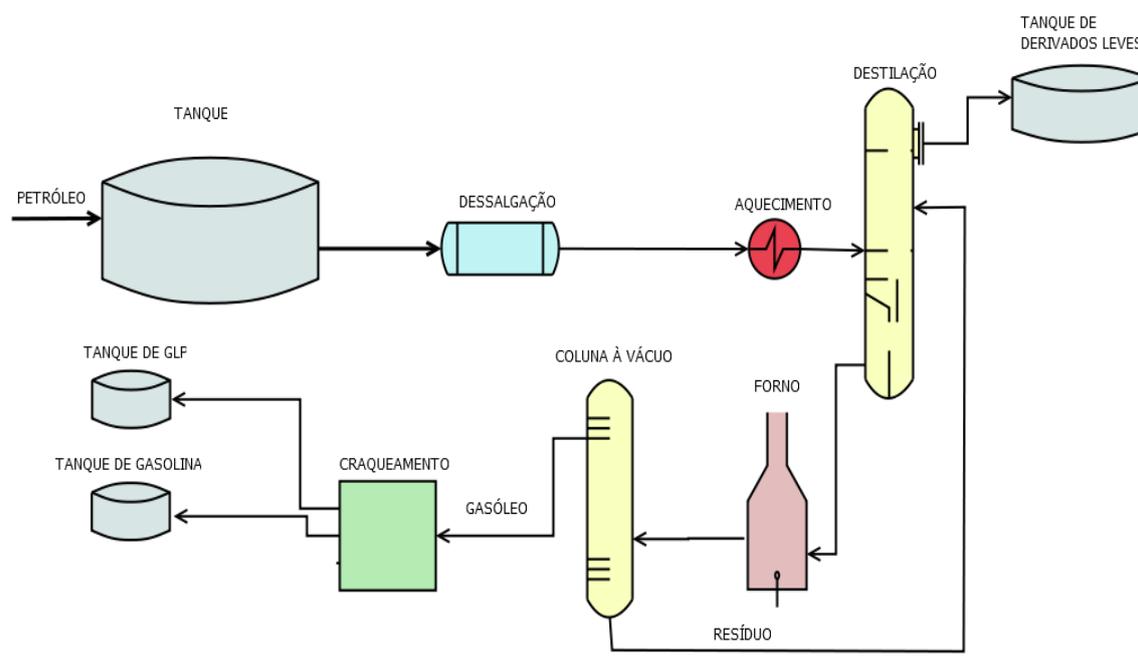


Figura 6 Fluxograma simplificado do processo de refino de petróleo

6.2 Descrição do Setor da Logística da Refinaria

O setor de logística cumpre diversas funções na refinaria investigada, quais sejam: (a) Interface entre o abastecimento do petróleo e os setores de destilação e craqueamento, ou seja, realizar o armazenamento dos produtos da destilação que servirão de matéria prima para o craqueamento; (b) Programar entrega dos produtos via oleodutos da

refinaria com os clientes externos que são as distribuidoras de combustíveis, navios petroleiros localizados em um terminal em alto mar e unidades petroquímicas pertencentes a outras empresas do setor; (c) Gerenciar a armazenagem de petróleo em tanques; (d) Controle e monitoramento de oleodutos; (e) Envio de matérias-primas para as unidades de destilação e craqueamento; (f) Armazenagem e mistura em seus respectivos tanques de derivados de petróleo que são Querosene de Aviação (QAV-1), Gasolina, Diesel, Nafta Petroquímica, Asfalto e Óleo Combustível; (g) Drenagem de tanques; (h) Expedição de produto final; (i) Tratamento de despejos industriais; (j) Controle das unidades de alívio de pressão (sistema de tochas).

O posicionamento da logística dentro do organograma da empresa é representado na Figura 7. Nela é possível observar que a logística se encontra no mesmo nível organizacional que outros três setores da refinaria, destilação, craqueamento e utilidades. Contudo, a logística, assim como a utilidades, cumpre uma função de suporte para a produção. Dessa forma em muitas decisões corporativas a logística possui um poder de influência menor que a destilação e o craqueamento que são setores diretamente envolvidos na produção.

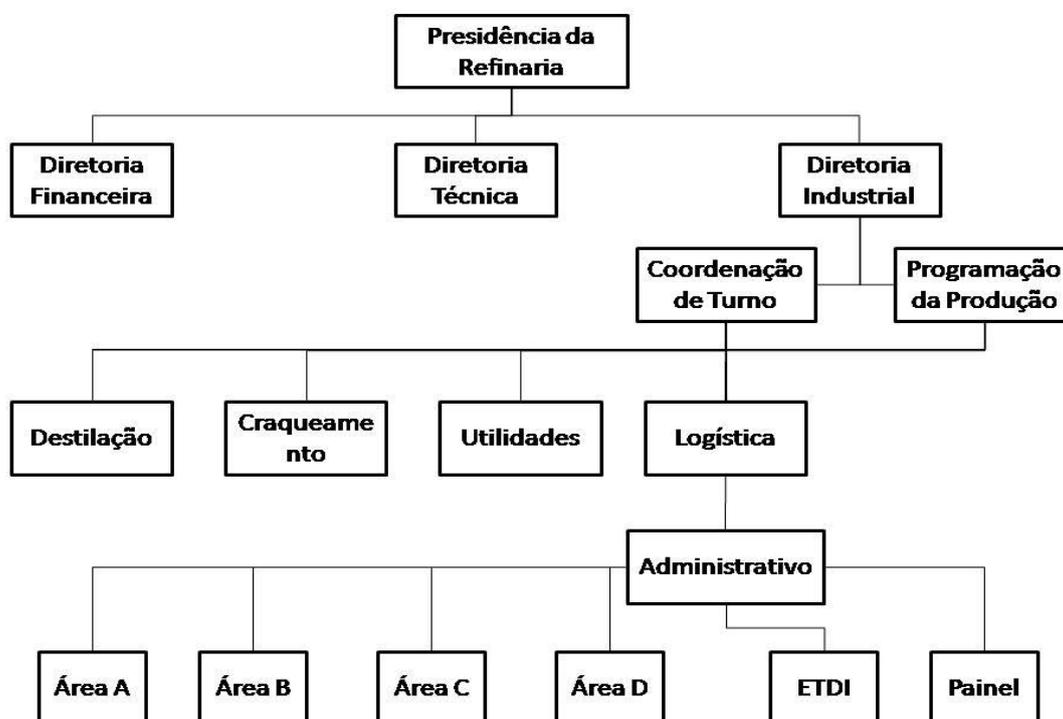


Figura 7 Organograma da refinaria com foco no setor da logística

O setor em estudo é composto por seis áreas operacionais que operam em três turnos diários, além de uma área administrativa que trabalha apenas um turno por dia. As atividades desenvolvidas em cada área operacional, assim como o número de operadores por turno, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Descrição das atividades e número de operadores em cada área da logística

Área	Atividades	Operadores
Área A	Armazenagem e Mistura de Gasolina, QAV-1 , Solventes	1
Área B	Armazenagem e Mistura de Óleo Diesel, Óleo Combustível, Asfalto, Produtos Intermediários, Resíduo	2
Área C	Armazenagem e Mistura de GLP, Propeno, Butano. Operação de parte da ETDI (Estação de Tratamento de Despejos Industriais).	1
Área D	Armazenagem e Mistura de Petróleo, Nafta Petroquímica. Operação de Tochas, Oleodutos	1
ETDI	Operação e Controle de Flotador, Bacia de Aeração e Biodiscos	1
Centro de Controle	Controle de oleodutos, dutos curtos, tochas, ETDI, misturas, recebimentos, armazenagem e expedição.	2

6.3 Descrição do Sistema Sócio-Técnico do Centro de Controle da Logística

6.3.1 Subsistema Social

A operação do setor de logística da refinaria possui 69 operadores que se revezam semanalmente na operação de cada uma das seis áreas descritas no item 4.2, incluindo o centro de controle. Algumas características demográficas dessa população são apresentadas na Tabela 3.

Para ser admitido funcionário da refinaria, o que só ocorre por meio de concurso público, um operador deve possuir nível técnico em química. No entanto, alguns realizam curso superior à medida que estão trabalhando na empresa. O fato de possuírem curso superior, mestrado e doutorado na área de atuação, não altera o cargo nem o salário do funcionário. Contudo, o curso superior em uma área afim as atividades realizadas pelos operadores na logística, qualifica o operador a realizar atividades de maior complexidade, que demandam um maior conhecimento teórico do funcionamento do sistema da logística.

O fato de a empresa ser de capital aberto, porém com uma significativa participação do estado, faz com que o governo federal possua uma influência nas diretrizes da empresa. É possível observar na Tabela 3 que no tempo de experiência em operação na refinaria há um ponto de corte entre operadores que possuem mais de vinte anos e menos de dez anos. Isso é resultado de uma política governamental que durante o período de 1992 a 2002, não investiu no desenvolvimento do setor petroquímico no Brasil.

Tabela 3 Distribuição dos dados sociais na operação do setor em estudo

Idades	
Entre 25 e 30 anos	40%
Entre 30 e 35 anos	10%
> 35 anos	50%
Tempo de Experiência de Operação na Refinaria	
< 10 anos	40%
>20 anos	60%
Gênero	
Homens	87%
Mulheres	13%
Escolaridade	
Nível Técnico	78%
Nível Superior	22%

6.3.2 Subsistema Técnico

O centro de controle da logística faz parte de uma estrutura denominada Centro Integrado de Controle (CIC), onde ficam reunidos os centros de controles de todos os setores da refinaria. Dessa forma, os operadores dos centros de controle da destilação, craqueamento, utilidades e logística, ficam fisicamente próximos. Sendo assim, é possível realizar uma troca de informações, de forma rápida, a respeito de variabilidades e demais fatos que podem afetar a operação de cada setor, já que a refinaria é um sistema integrado.

Mais precisamente o setor da logística da refinaria possui 108 tanques para armazenagem e mistura de petróleo ou seus derivados. Esses tanques são conectados,

por meio de dutos, às unidades de craqueamento e destilação, além de oleodutos para distribuição dos produtos finais e recepção de petróleo bruto. Os tanques e dutos possuem uma série de equipamentos e instrumentos, tais como bombas, válvulas, misturadores, analisadores e radares. Esses, por sua vez, fornecem informações acerca de pressões, temperaturas, níveis, vazões, volumes, composições, dentre outras. Cada uma dessas informações fornecidas pelos instrumentos é denominada *tag*. Ao todo, o setor da logística possui, na época de desenvolvimento da pesquisa, aproximadamente 2260*tags*, ou seja, 2260 informações a respeito de equipamentos e instrumentos. Essas informações ficam disponíveis *on-line* ao operador do centro de controle, a todo o momento.

A fim de facilitar o monitoramento de tantas variáveis, é utilizado um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), no qual os *tags* ficam representados visualmente em 121 telas. Em virtude do grande número de telas que o operador pode acessar, 11 monitores são disponibilizados de forma que 11 telas podem estar sendo exibidas ao mesmo tempo. Um exemplo genérico de tela de SDCD é apresentado na Figura 8. Através do SDCD, o operador de painel tem a possibilidade de operar remotamente 271 bombas e 412 válvulas motorizadas, além de 71 chaves do tipo “liga ou desliga” de determinados equipamentos. Em caso de suspeita de que os dados apresentados ao operador através do SDCD estão incorretos, esse pode solicitar, via rádio, aos operadores das demais áreas que ficam próximas aos equipamentos, que estes avaliem visualmente a suspeita de anomalia e transmitam seu parecer. Os operadores do centro de controle também podem monitorar visualmente as áreas operacionais a partir de imagens obtidas por câmeras, que podem ser operadas de dentro do CIC.

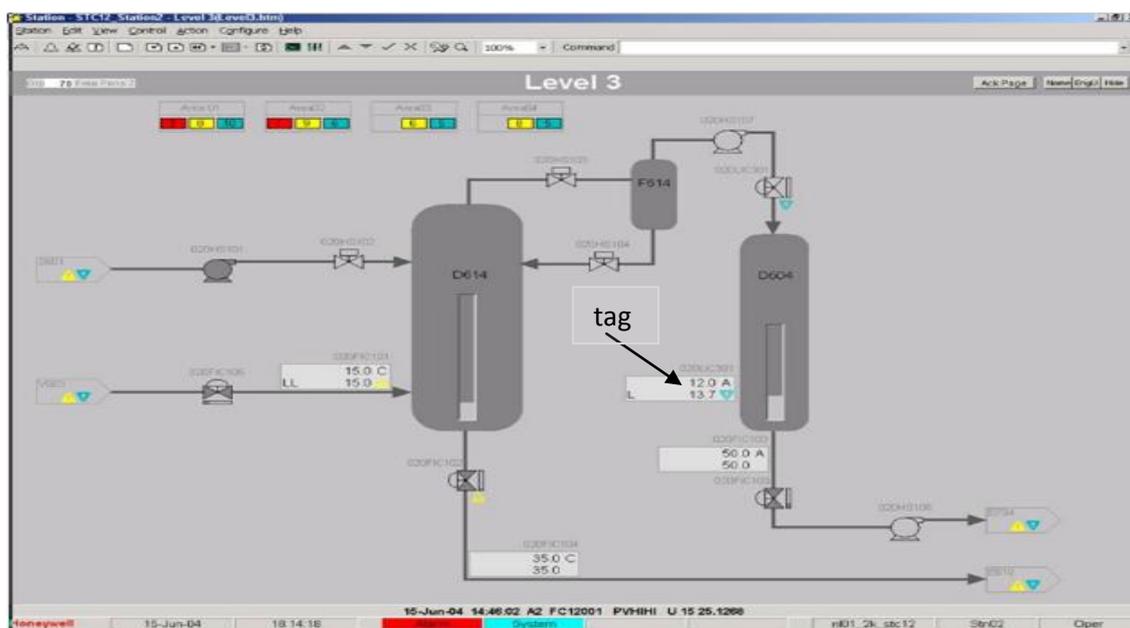


Figura 8 Exemplo genérico de tela de SCDC, contendo indicação de um *tag*

Embora existam rotinas de manutenção preventiva, é necessária a manutenção corretiva de equipamentos e instrumentos fora da programação. Para isso, se realiza uma solicitação através de um sistema que funciona na interface do setor de operação com o de manutenção. Nele é gerada uma nota de manutenção contendo dados como tipo de equipamento, localização, prioridade entre outros. Após a expedição da nota, a manutenção é agendada de acordo com os dados informados.

6.3.3 Organização do Trabalho

O trabalho dos operadores do centro de controle é realizado por dois operadores que trabalham em conjunto no CIC. Não há um padrão definido de como deve ser a divisão de tarefas de cada um dos operadores. Contudo, é normal que esses se dividam de forma que um cuida das expedições de produtos e recebimento de matéria prima, enquanto o outro se ocupa com as demais atividades da logística. A cada turno de 8 horas é realizada uma troca e outra dupla de operadores assume. O mesmo ocorre com os operadores das demais áreas da logística. Ao todo, há oito operadores em cada turno, conforme distribuição apresentada na Tabela 2, mais um supervisor para cada grupo. Há 5 grupos que trabalham na operação da logística, durante os 365 dias do ano. O revezamento não ocorre somente em termos de turnos, mas também em termos de atividades, de forma que um operador que em um dado momento está na Área B, em

poucos dias pode ocupar o posto de operador no centro de controle, ou qualquer outra área. Os revezamentos são determinados e avaliados anualmente pela empresa.

De acordo com o trabalho prescrito, os operadores só podem sair de seus postos de trabalho ao final do turno, quando houverem chegado os profissionais que irão substituí-los. Caso ocorram atrasos ou faltas ao trabalho, pode haver hora extra por parte do operador em serviço. Em muitos casos, essa situação é provocada intencionalmente, em função de acordos entre os próprios operadores, por razões particulares. No momento em que ocorre o término do turno, os operadores que chegam recebem instruções do que está acontecendo no sistema. Essa atividade possui uma duração de aproximadamente 15 minutos e após essa etapa, os operadores recém chegados começam, de fato, suas atividades.

Ao ser admitido na refinaria um operador passa por um curso de formação teórico cuja duração é de três meses, 480 horas. Nesse curso, são apresentados conceitos genéricos de operação de uma refinaria. Terminado o curso, os operadores são designados para um setor específico, podendo ser destilação, craqueamento, logística ou utilidades. Caso o operador seja alocado para trabalhar na logística, ele recebe um treinamento adicional no local de trabalho, onde acompanha a rotina diária das atividades desenvolvidas nas seis áreas que compõem a logística. Uma vez que esse treinamento esteja concluído, o operador está apto a começar a operação nas áreas A, B, C, D e ETDI da Logística. Somente depois de possuir experiência de operação dessas cinco áreas o operador é considerado competente para assumir as atividades no centro de controle do setor da logística. Cabe salientar que não existem, na refinaria em estudo, simuladores capazes de aprimorar o processo de treinamento. Eventualmente, alguns operadores podem ser convidados a participar de outros cursos de formação tratando de temas específicos, no entanto não há uma rotina pré-programada para isso.

A empresa possui um programa de avaliação anual de desempenho de seus funcionários, que tem impacto em incentivos financeiros aos mesmos. Nesse sistema, os supervisores, em conjunto com os gerentes, realizam uma avaliação individual de cada operador e decidem quem irá ganhar o incentivo salarial utilizando critérios como assiduidade, cooperação, responsabilidade, ética profissional, equilíbrio emocional,

entre outros. Além dessa forma de premiação há também participação dos lucros da empresa.

A organização do trabalho na operação de toda a logística está baseada na comunicação recíproca entre os operadores das cinco áreas com o centro de controle. Além disso, para os operadores do centro de controle da logística, é de fundamental importância a coordenação com elementos externos ao sistema, como clientes que recebem os produtos, assim como os demais operadores do centro de controle dos setores da destilação, craqueamento e os operadores do CNCO (Centro Nacional de Controle Operacional da Transpetro) que operam o envio de petróleo para a refinaria.

Os principais objetivos dos operadores no centro de controle da logística são os seguintes:

- (a) Armazenagem do Petróleo – As atividades para cumprir esse objetivo são, principalmente, receber, armazenar e preparar o petróleo em tanques para envio à destilação. O recebimento de petróleo é previamente agendado pelo setor de programação da refinaria. Um documento denominado Instrução Operacional (IO) é entregue com as informações referentes de quando e em que tanque deverá ser realizado o recebimento da matéria prima.
- (b) Armazenagem e Mistura dos derivados do Petróleo- As atividades desta etapa envolvem armazenar e realizar as misturas dos sub-produtos da destilação e craqueamento, a fim de formar os produtos a serem vendidos, que devem estar dentro das especificações comerciais. Caso o operador realize uma mistura que fique fora das especificações, ele deve corrigir a mistura agregando mais subprodutos, a fim de ficar dentro dos limites aceitáveis. Assim como o recebimento do petróleo, as misturas também são agendadas pelo setor de programação da refinaria que definem quando e em que tanques deve ser realizada cada mistura.
- (c) Envio de Carga para Unidades - As atividades desta etapa constituem-se no envio de petróleo e subprodutos do refino para as unidades onde estes irão ser processados.

- (d) Controle da ETDI - Controlar a operação da ETDI que constitui no recebimento de despejos da rede de esgoto oleoso e águas contaminadas e posterior tratamento através de dois processos sendo um físico e outro químico.
- (e) Controle de Tochas – Esta etapa constitui-se em controlar as variáveis das tochas que cumprem o papel de alívio de pressão através da queima dos descartes recebidos das unidades do refino.

Para a atividade de operador de painel, há 43 procedimentos padronizados, além de nove manuais de operação que auxiliam no desenvolvimento das atividades com informações mais detalhas a respeito do funcionamento de determinados equipamentos. Os manuais de operação servem como suporte no entendimento dos procedimentos, porém são documentos de distinto formato e nível de abstração. Além dos manuais de operação, também dão auxílio à operação demais documentos como instruções de segurança e normas da refinaria, esses últimos documentos encontram-se em uma hierarquia de maior importância já que são válidos para todos setores da refinaria, a Figura 9 representa a hierarquia entre os documentos citados. Cada vez que um procedimento é revisado por parte de uma comissão responsável, formada pelos próprios operadores da logística, todos os operadores devem realizar uma nova leitura destes documentos, que é controlada por um software que cronometra o tempo que cada operador levou para ler o procedimento, sendo que a cada dois anos é obrigatório realizar uma reavaliação dos procedimentos caso não tenham sofrido alterações.

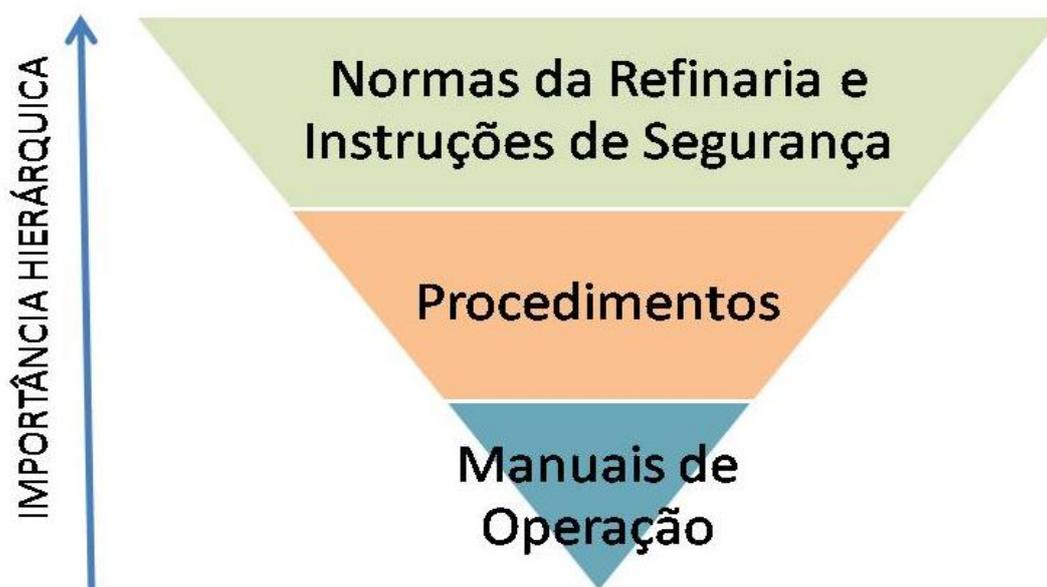


Figura 9 Representação da hierarquia entre os documentos que auxiliam na execução de tarefas

Na medida em que os operadores lêem os procedimentos, eles podem relatar, via um sistema interno de controle de documentos, eventuais sugestões ou dúvidas quanto ao documento. Esses relatos são direcionados aos operadores que trabalham em turno administrativo que ficam responsáveis pela avaliação da necessidade de revisão do documento. Outra fonte de demanda de revisão dos procedimentos são as mudanças que ocorrem no sistema regularmente, como troca de equipamentos por outros que operam de modo distinto, ou mudanças na natureza da automação no sistema. Nesses casos, também é necessário modificar os procedimentos. Atualmente, pelo fato do setor da logística estar passando por um processo de aumento na quantidade de controles automatizados, como o aumento do número de válvulas operadas por controladores automáticos, os procedimentos passam por um processo contínuo de modificações.

O fato de a refinaria possuir certificações com base em normas como a ISO 9001, ISO14001 e BSI OHSAS 18001, faz com que ela tenha uma série de procedimentos operacionais, um exemplo de procedimento pode ser visualizado no Apêndice A. Os procedimentos referentes aos operadores do centro de controle da logística ficam disponíveis na rede corporativa em um sistema interno de controle de documentos e também em formato impresso no CIC. Os procedimentos são distribuídos em atividades de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 Distribuição dos procedimentos de acordo com as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle

Atividade	Número de Procedimentos
Armazenagem de Petróleo	1
Controle e Monitoração de Produtos	1
Envio de Carga para Unidades	3
Armazenagem e Mistura de Derivados de Petróleo	11
Drenagens de Tanque	5
Expedição de Produto Final	11
ETDI	8
Unidades de Alívio de Pressão	1
Controle de Produto Final Não – Conforme	1
Controle da Quantificação de Produtos	2
Treinamento no Local de Trabalho	1

A comunicação do operador do centro de controle com os operadores das demais áreas da logística e demais setores da refinaria é uma das habilidades determinante na organização do trabalho. Através da aplicação do MDC foi possível evidenciar uma série de fatos onde a comunicação foi essencial para evitar possíveis acidentes. Em uma das entrevistas foi descrito o caso onde a falha de uma bomba na utilidades, reduziu a carga elétrica gerada pelo setor. Dessa forma a logística foi comunicada que deveria reduzir o consumo de energia, caso contrário os demais setores teriam que ser desligados e o refino de petróleo seria interrompido causando severos prejuízos. A medida que equipamentos foram sendo desligados pela logística, a comunicação com a utilidades foi constante a fim de saber se as ações tomadas estavam surtindo efeito. No momento de retomar a atividade normal, a mesma comunicação foi fundamental para religar os equipamentos a medida que a utilidades recuperava sua capacidade de geração de energia. No caso descrito, fica evidenciada que uma comunicação clara e objetiva entre os setores logística e utilidades foi fundamental para evitar uma possível pane em toda a refinaria.

6.3.4 Ambiente Externo

Através da contextualização da refinaria e a análise do seu sistema de logística é possível definir elementos como agentes externos ao sistema da logística, porém internos a refinaria que produzem variabilidades no sistema em estudo. Inicialmente, a área responsável pelas vendas dos produtos da refinaria é fundamental no momento de gerar a IO, que define a carga de trabalho diária do setor da logística. Em conjunto com a área de vendas se inclui o setor de programação da produção, que é quem realiza a IO através de uma reunião diária em conjunto com responsáveis pelos setores de vendas, destilação, craqueamento e logística que utilizam parâmetros como capacidade produtiva e de estoque, estratégia da empresa, condições de mercado, entre outros, para definir a produção, estocagem, vendas e misturas de produtos. Sendo assim, os setores de destilação e craqueamento também são considerados importantes elementos externos. Além de influenciar no desenvolvimento da IO, esses também são os consumidores e emissores dos produtos ou subprodutos que a logística transporta.

Os setores de manutenção e o de utilidades dão suporte às atividades desenvolvidas pela logística sendo que a utilidades fornece energia para o funcionamento do setor e a manutenção trata de garantir uma operação com equipamentos e instrumentos devidamente apropriados para o desenvolvimento das atividades. Dessa forma ambos são considerados causadores de variabilidades no sistema, caso ocorra um incidente em um desses setores, a operação da logística fica comprometida.

As condições externas tanto ao setor da logística quanto ao da refinaria e que causam variabilidades na operação, são consideradas as condições climáticas, principalmente na atividade de controle da ETDI. Em dias de elevados índices pluviométricos, a quantidade de água a ser tratada aumenta significativamente, o que aumenta consideravelmente a carga de trabalho dos operadores. Por último, um elemento externo que sensivelmente influencia o sistema são as regulamentações ambientais que servem de guia em toda a operação de uma refinaria, principalmente no que diz respeito ao tratamento dos dejetos industriais e ao cuidado da emissão de gases, no sistema de tochas, cumprindo as normas ambientais. A crescente importância desse fator externo se deve entre outros, pelo surgimento, nos últimos anos, de um processo de povoação nas áreas arredores a refinaria que no início das atividades não havia. Dessa forma os

limites de um vazamento tanto nos afluentes da região como na atmosfera, são reduzidos drasticamente.

A empresa onde foi realizado o estudo é uma empresa de controle estatal, porém que possui capital aberto. Dessa forma políticas públicas do governo federal, podem interferir na produção e resultados econômicos da refinaria, como, por exemplo, a fixação dos preços de venda dos combustíveis nas refinarias. Outro fator que interfere diretamente a produção e os resultados econômicos da empresa é o preço do barril de petróleo no mercado internacional. Como tanto o mercado internacional, quanto assuntos da política nacional interna de energia, são fatores que não podem ser controlados pela refinaria, se considera ambos como sendo relevantes fatores externos do sistema em estudo.

Na última década a refinaria em estudo contava com um acionista minoritário, que possuía aproximadamente 30% da refinaria. No entanto no último ano houve uma aquisição por parte do estado dessa parcela. Sendo assim uma série de mudanças estão sendo realizadas dentro da estrutura administrativa e operacional na refinaria. Por exemplo, novos investimentos estão sendo realizados como construção de novas unidades, e uma reorganização da parte administrativa da refinaria também está em progresso. A Figura 10 trata de representar visualmente os fatores que interagem e influenciam as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle da logística.



Figura 10 Representação dos fatores que interagem e influenciam as atividades desenvolvidas por operadores do centro de controle da logística

6.4 Avaliação da complexidade

Conforme descrito no item 6.3.2., um operador de centro no sistema em estudo lida com aproximadamente 2260 *tags*, ou seja, há uma grande quantidade de elementos com potencial de interação. Além disso, muitos desses elementos estão rigidamente acoplados, tais como nível de um tanque e a vazão que as bombas de expedição são capazes de fornecer, vazão de carga aliviada para o sistema de tochas por parte dos demais setores da refinaria e a temperatura das tochas. De acordo com as observações no local e entrevistas com os operadores, as informações são constantemente transmitidas aos operadores do centro de controle através de recursos visuais como as telas do SDCD ou até mesmo sonoros como os alarmes, também através do SDCD os operadores conseguem realizar comandos e interagir com o sistema. Além dessa interação, os operadores do centro de controle interagem, por meio de uma frequência de rádio, com os operadores das demais áreas da logística.

A natureza, frequência e intensidade das interações são afetadas por fatores externos aos elementos que interagem. Por exemplo, a ocorrência de chuvas aumenta a quantidade de água a ser tratada pela ETDI, o que por sua vez aumenta a troca de informações entre os operadores da ETDI e do centro devido ao surgimento de cenários anômalos. Outro

fator que aumenta o número de interações é a falha de instrumentos ou equipamentos, fato cuja ocorrência é normal quase todas as semanas. Nesse tipo de situação, as interações entre os operadores de centro e os alocados na área industrial aumentam exponencialmente com a prioridade e/ou gravidade da situação.

A natureza, frequência e intensidade das interações também se modificam em função de modificações no sistema. Por exemplo, no período da coleta de dados estava ocorrendo uma mudança de software para melhor trabalhar com o elevado volume de informação que existe no SDCD. A modificação de um software implica em novas interfaces com distintas informações e novos comandos, sendo assim, se interage de modo diferente com o SDCD.

Através dessas evidências é possível identificar a característica de complexidade que afirma que sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente. Do mesmo modo como exemplificado nessa característica de complexidade, foram levantadas evidências das outras características de complexidade utilizando-se da Figura 3.

A avaliação da presença das características de sistemas complexos no centro de controle do setor de logística da refinaria demonstra que as sete estão evidenciadas. Através da análise da Figura 11, é possível identificar de forma resumida as evidências da presença de cada característica, assim como as contra evidências, ou seja, fatores no sistema onde as características não se aplicam.

Características de Sistemas Complexos	Evidência	Contra Evidências
Sistemas complexos são definidos por grande quantidade de parâmetros e seus elementos constituintes devem interagir dinamicamente, tanto no caráter físico quanto no informativo, dessa forma o sistema deve mudar com o tempo.	Chuvas na ETDI; Migrações de software; Discussões a respeito da IO com a Programação; Interações com Clientes.	-
Sistemas complexos devem possuir uma não linearidade em seu comportamento.	Correções de misturas não especificadas; Modificações nos volumes de produtos a serem vendidos; Envio de carga em demasia para as tochas pela Destilação ou Craqueamento.	Alocação dos grupos de trabalho nas áreas de acordo com o período do ano;
Presença de circuitos fechados, ou seja uma atividade desenvolvida em um determinado momento dentro de um sistema complexo pode retroalimentar o sistema havendo assim um retorno positivo ou negativo, ocasionado pela ação executada anteriormente.	Mudança de tanque fornecedor de matéria prima para a Destilação ou Craqueamento; Correção de PH do esgoto oleoso.	Relação dos cursos adicionais realizados por cada operador com a necessidade individual do mesmo.

Figura 11 Resumo das evidências e contra evidências das características da complexidade

<p>O ambiente externo do sistema exerce influencia sobre o mesmo. Sendo assim a uma troca dinâmica do que ocorre com o sistema e ao redor dele.</p>	<p>Sazonalidades; Condições do mercado internacional; Condições climáticas; Situação de operação da Destilação, Craqueamento e Utilidades.</p>	<p>Posicionamento físico de equipamentos; Telas de operação.</p>
<p>Fatos ocorridos no passado influenciam as ações presentes e futuras do sistema.</p>	<p>Gestão de procedimentos; Obtenção e aplicação de conhecimento tácito; Treinamento de novatos. Modificações constantes no sistema.</p>	<p>Instrumentos novos; Instalação de novos Empreendimentos.</p>
<p>Sistemas complexos possuem incerteza na obtenção de informações, sendo que essas podem advir de inferências ou fontes indiretas.</p>	<p>Alinhamentos não representados no SDCD; Descalibração de instrumentos; Presença de “pontos mortos” nas tubulações; Precisão e acuracidade dos instrumentos; Comportamento do tratamento bioquímico na ETDI.</p>	<p>EMEDs; Presença de fumaça nas tochas.</p>
<p>Existência de componentes operando em modo comum, facilitando a riqueza das interações entre elementos.</p>	<p>Vazão de água utilizada nas tochas e capacidade de gerar energia da utilidade.</p>	<p>Manutenção de equipamentos.</p>

Figura 11 (Continuação) Resumo das evidências e contra evidências das características da complexidade

6.5 Avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do setor da Logística da refinaria em estudo

6.5.1 Resultados da aplicação dos questionários

Aplicados os questionários, calculou-se o índice Alfa de Cronbach, cujos resultados foram considerados aceitáveis, conforme Tabela 5. Os resultados do questionário de aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos estão presentes na Tabela 6 e Figura 12, enquanto os resultados do questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos estão presentes na Tabela 7 e Figura 13.

Tabela 5 Índice Alfa de Cronbach para questionário de aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos (questionário 1) e questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos (questionário 2)

Índice	Questionário 1	Questionário 2
Alfa de Cronbach	0,57	0,79

Tabela 6 Resultados do questionário de aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos

Questionário aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos				
Afirmção	X1	Valor Mínimo	Valor Máximo	CV
<i>Princípios associados à filosofia de gestão dos procedimentos</i>				
O procedimento deve ser considerado um suporte à tomada de decisão, não uma rotina para ser seguida rigidamente.	8,46	0	14,1	49%
Os procedimentos devem ser interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.	10,41	1,7	15,0	38%
Deve existir uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.	12,53	3,7	15,0	22%
<i>Princípio associado ao processo de concepção dos procedimentos</i>				
Os procedimentos devem ser concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão.	11,06	1,3	15,0	32%
<i>Princípios associados ao conteúdo dos procedimentos</i>				
O conteúdo dos procedimentos deve explicitar suas relações de dependência com outros elementos do sistema, como outras áreas e setores, salientando os motivos e impactos dessas relações	13,20	7,6	15,0	14%
Os procedimentos devem explicitar fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.	12,59	7,6	15,0	15%
<i>Princípios associados ao monitoramento de procedimentos</i>				
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser consideradas frequentes, legítimas e normais.	5,92	0	14,4	83%
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.	13,09	4,8	15,0	15%
O descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.	8,87	1,0	15,0	46%

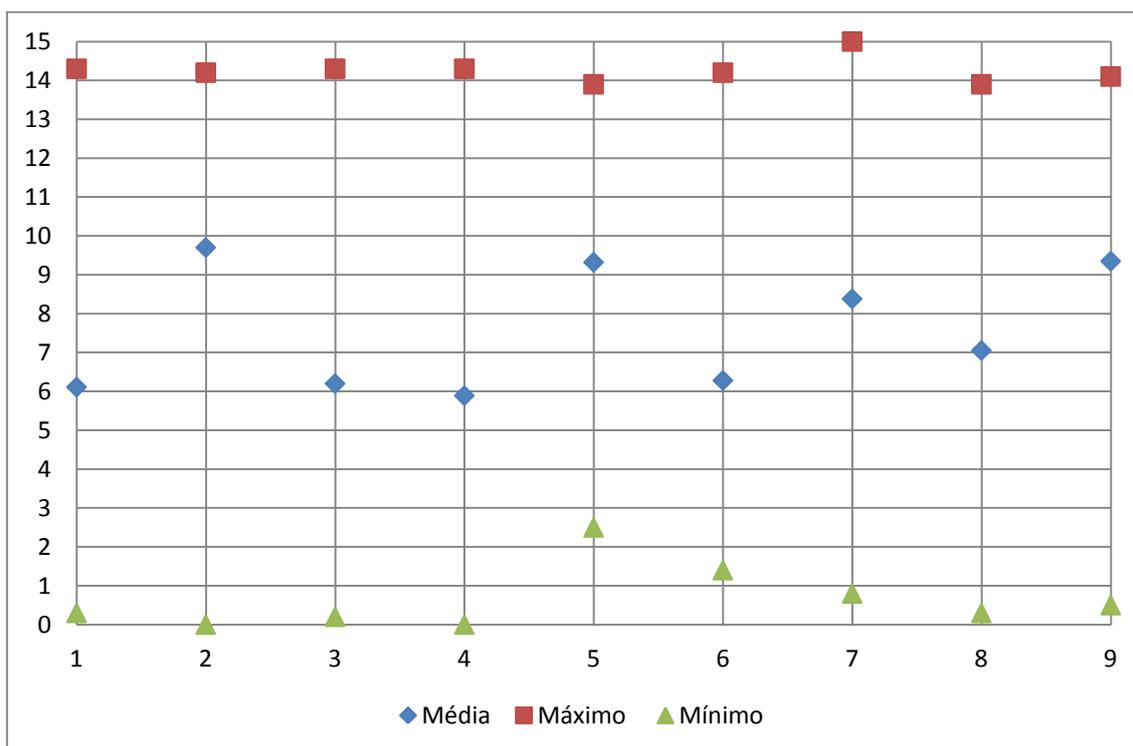


Figura 12 Representação gráfica dos resultados do questionário de aplicabilidade dos princípios de gestão de procedimentos

Através da diferença entre as respostas obtidas no primeiro e no segundo questionário, é possível obter uma valiosa fonte de informações, conforme já explicado (item 4). A Tabela 8 apresenta essas informações. A seguir é apresentada uma síntese da análise da aplicação de cada princípio de gestão de procedimentos em sistemas complexos, além de proposta de melhorias e diretrizes para um plano de ação para que os princípios sejam aplicados.

Tabela 7 Resultados do questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos

Questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos				
Afirmação	X2	Valor Mínimo	Valor Máximo	CV
<i>Princípios associados à filosofia de gestão dos procedimentos</i>				
Os procedimentos na logística são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não como uma rotina para ser seguida rigidamente.	6,11	0,3	14,3	79%
Os procedimentos, dentro do setor da logística, são interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.	9,70	0	14,2	50%
Existe na logística uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.	6,20	0,2	14,3	74%
<i>Princípio associado ao processo de concepção dos procedimentos</i>				
Os procedimentos na logística são concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão.	5,89	0	14,3	71%
<i>Princípios associados ao conteúdo dos procedimentos</i>				
O conteúdo dos procedimentos presentes na logística explicita suas relações de dependência com outros elementos do sistema, como outras áreas e setores, salientando os motivos e impactos dessas relações	9,32	2,5	13,9	40%
Os procedimentos presentes na logística explicitam fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.	6,28	1,4	14,2	63%
<i>Princípios associados ao monitoramento de procedimentos</i>				
A cultura organizacional, ou seja, o sistema de comportamentos, normas e valores sociais da logística, reconhece que as diferenças entre os procedimentos e o trabalho real são frequentes, legítimas e normais.	8,38	0,8	15,0	54%
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real na logística são monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.	7,05	0,3	13,9	52%
O descumprimento de procedimentos na logística não é, necessariamente, interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.	9,35	0,5	14,1	45%

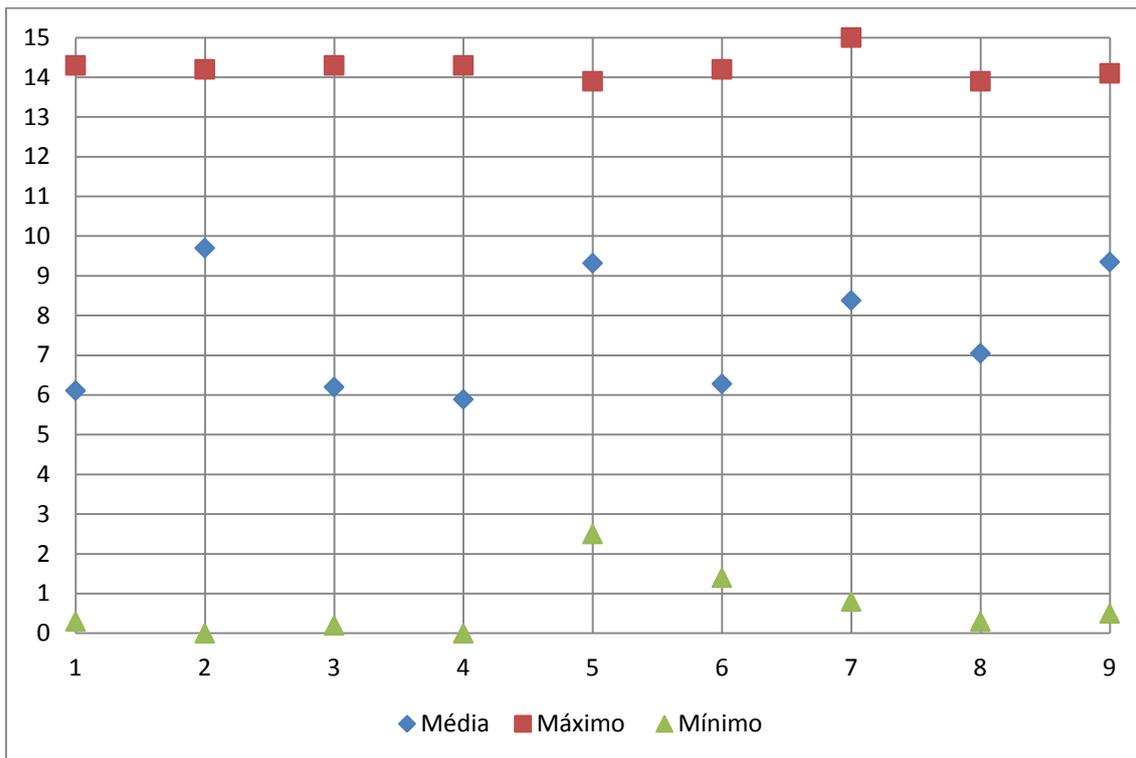


Figura 13 Representação gráfica dos resultados do questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos

Tabela 8 Diferença das médias das respostas vinculadas aos mesmos princípios de gestão de procedimentos apresentados em cada um dos questionários

Princípio	X1	X2	Δ
O procedimento deve ser considerado um suporte à tomada de decisão, não uma rotina para ser seguida rigidamente.	8,46	6,11	2,35
Os procedimentos devem ser interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.	10,41	9,70	0,71
Deve existir uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.	12,53	6,20	6,32
Os procedimentos devem ser concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão.	11,06	5,89	5,17
O conteúdo dos procedimentos deve explicitar suas relações de dependência com outros elementos do sistema, como outras áreas e setores, salientando os motivos e impactos dessas relações	13,20	9,32	3,88
Os procedimentos devem explicitar fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.	12,59	6,28	6,31
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser consideradas frequentes, legítimas e normais.	5,92	8,38	-2,46
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.	13,09	7,05	6,03
O descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.	8,87	9,35	-0,48

6.5.2 As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser consideradas frequentes, legítimas e normais

Conforme já discutido no item 6.4, há uma grande quantidade de elementos com potencial de interação, no centro de controle na logística. Além do mais, muitos desses elementos estão rigidamente acoplados, tais como um tanque que armazena um determinado produto e o duto que é utilizado para que tal produto seja escoado, ou a vazão de carga aliviada para o sistema de tochas e a temperatura das mesmas.

O fato de a logística ser formada por uma série de elementos que interagem dinamicamente, bem como a existência de elementos rigidamente acoplados, que

disseminam rapidamente as mudanças no status de um elemento específico, evidencia a impossibilidade de que os procedimentos possam ser seguidos em tempo integral ou antecipem todas as situações. Dessa forma, assume-se que a diferença entre os procedimentos e o trabalho real deveria ser considerada frequente, legítima e normal.

Quando perguntados a respeito da necessidade desse princípio de gestão de procedimentos, os operadores e supervisores responderam em média com um valor de 5,92, evidenciando certa discordância com o mesmo. No entanto, o alto coeficiente de variação (83%) mostra uma nítida discordância entre os respondentes. De fato, durante as reuniões de retorno dos resultados, os operadores relataram que esse princípio era polêmico, pois implicava em uma quebra de paradigma em relação ao senso comum, que indica a necessidade de sempre seguir os procedimentos.

No entanto, houve um grau de concordância maior quando os operadores foram questionados acerca do real uso desse princípio (8,38), com um coeficiente de variação de 54%, sensivelmente menor. Sendo assim, por mais que não haja um reconhecimento de que os procedimentos nem sempre são seguidos, os operadores concordam que na prática essa situação ocorre.

O sistema da logística frequentemente opera fora das condições prescritas, requerendo a habilidade dos operadores de saber lidar com essas situações. Por exemplo, foi verificado ao longo da pesquisa, que mesmo com a ETDI funcionando conforme as regras prescritas, em certos momentos, ainda há vestígios de resíduos de óleo no efluente final da refinaria. Quando isso ocorre, o operador do centro de controle deve localizar possíveis vazamentos de óleo, atividade não prevista nos procedimentos de operação do setor. Assim como nesse caso, também foi verificado que diariamente algumas das misturas de produtos realizadas no setor ficam fora de especificação, mesmo sendo feitas de acordo com as instruções passadas pela programação da produção. Isso ocorre por diversos motivos, como instruções equivocadas, ou equipamentos não calibrados. Dessa forma, no setor da logística da refinaria, diferenças entre o trabalho prescrito e o trabalho real é algo normal.

Assim, há incompatibilidade na gestão de procedimentos no setor em estudo, tendo em vista que o sistema exige desvios em relação aos procedimentos, mas as pessoas tendem a não reconhecer que isso é necessário, apesar de fazerem isso diariamente. Com base

nas reuniões com operadores, supervisores e gerentes, aparentemente há uma insegurança de reconhecer que é necessário adaptar.

6.5.3 As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real

Os operadores e supervisores foram praticamente unânimes quanto à concordância com esse princípio (média de 13,1 e coeficiente de variação igual à 15%). Vale observar que essa unanimidade é de certa forma conflitante com as percepções em relação ao princípio anterior. De fato, se os operadores reconhecem, com tanta veemência, que é necessário monitorar as diferenças entre prescrito e real, isso pode significar que essas diferenças existem e são relevantes. Contudo, quando perguntados se havia um monitoramento da diferença entre o trabalho prescrito e o real, os operadores e supervisores levemente discordam (7,05). Dessa forma, fica evidenciada uma oportunidade de melhoria na gestão dos procedimentos.

Ao longo da pesquisa, foram observados procedimentos defasados em relação à atual condição do sistema, tal como um procedimento que tratava de uma bomba que não existia mais e havia sido substituída por outra que operava de modo diferente. Dessa forma, foi possível identificar que há uma incompatibilidade quanto a aplicação desse princípio, ou seja, não há de fato um monitoramento da diferença entre o trabalho real e o prescrito. Essa avaliação poderia ser realizada através de um sistema de relatos, onde os próprios operadores poderiam indicar quais procedimentos estão mais defasados com a realidade.

Segundo os operadores, a frequência com que os elementos do sistema se modificam é maior do que a frequência com que os procedimentos são revisados. Sendo assim, a implantação de um sistema de gestão de mudança mais eficaz pode ser apontada como uma alternativa para reduzir a diferença existente entre os procedimentos e o trabalho real. Contudo, cabe ressaltar que devido a natureza complexa do sistema, em muitos casos, a diferença entre os procedimentos e o trabalho real vai seguir existindo.

6.5.4 O descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição

Ainda que exista um SDCD, apoio de câmeras que auxiliam o monitoramento do processo e uma frequência de rádio para solicitar informações aos operadores nas áreas, não é possível ter um entendimento do sistema como um todo desde o centro de controle. Esse fato é agravado pelo elevado número de elementos, assim como pelo fato do próprio sistema estar constantemente evoluindo. Logo, o descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.

Um indicativo da impossibilidade de cumprir na íntegra os procedimentos é o elevado número desses documentos, que prejudicam uma completa interpretação dos conteúdos contidos em cada um. Para exemplificar o elevado número de documentos que um operador, no centro de controle da logística, deve ter em mente no momento de executar uma tarefa, é apresentada a Figura 14. Ela mostra a relação de doze dos procedimentos mais utilizados no dia a dia dos operadores com os demais documentos que esses procedimentos fazem referência. As convenções de cores na figura 10 devem ser interpretadas como segue: (a) em fundo preto e letras brancas, os documentos finais, ou seja, aqueles que referenciam mais de três documentos; (b) em fundo vermelho e letras brancas, os documentos autônomos, ou seja, aqueles que referenciam ou são referenciados por menos de três documentos; (c) em fundo branco e letras pretas os documentos básicos, ou seja, que são referenciados por mais de 3 documentos. O sentido das flechas indica que o documento onde está saindo a flecha referencia o documento onde a flecha está chegando.

O valor médio de 8,87, obtido no questionário de aplicabilidade de princípios de gestão de procedimentos, mostra certa concordância com o princípio. Além disso, os respondentes consideram que de fato esse princípio é aplicado no setor pesquisado (média de 9,35 no questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos). Em ambas as perguntas, os coeficientes de variação ficaram em torno de 45%, valor relativamente mais baixo do que nas demais perguntas. Com base nas reuniões de retorno dos resultados aos operadores, houve o relato de que os operadores são cobrados, quando é detectada alguma situação onde o não cumprimento de um

de controle da logística. Dependendo da especificação das matérias-primas enviadas, a operação desses setores pode se tornar mais difícil ou mais fácil. Devido à variabilidade que uma carga com propriedades físico-químicas levemente diferentes pode causar nos respectivos setores.

O resultado de 13,20 no questionário de aplicabilidade dos princípios de gestão de procedimentos, com um coeficiente de variação de 14%, deixa claro que os operadores acreditam que os procedimentos deveriam explicitar sua relação de dependência com outras áreas e setores. No entanto, a mesma convicção não é alcançada quando os operadores são perguntados a respeito de como isso se dá atualmente nos procedimentos da Logística. Uma média de 9,32, porém com um coeficiente de variação de 40%, indica que melhorias podem ser feitas para operacionalizar esse princípio.

Apesar dos procedimentos possuírem relações de dependência explícita com outros procedimentos como exemplificado na Figura 10. Foi identificado, questionando os operadores e observando localmente, que há uma falta de comunicação entre os setores da refinaria no momento de gerar e revisar os procedimentos. Os procedimentos são revisados por equipes reduzidas de uma ou duas pessoas, sendo que ambas do mesmo setor, ou seja, não há espaço para que os operadores dos demais setores, com que a logística possui interações, exponham suas opiniões a respeito dos procedimentos. Além do mais, não é realizada uma avaliação de impactos nos demais setores pela aplicação dos procedimentos de dentro da logística. Dessa forma fica evidenciada a incompatibilidade com esse princípio.

Esse princípio é uma oportunidade de melhoria importante, já que o sistema está evoluindo ao longo do tempo e as relações entre os setores também mudam. Um exemplo de mudança é a inserção de novas tecnologias que integram os sistemas, o que leva a interações mais complexas. Um ponto de melhoria importante quanto a esse princípio, seria a integração de operadores dos outros setores, no momento de criar ou revisar procedimentos, para que assim se incorpore a visão das outras partes da refinaria.

6.5.6 Os procedimentos devem explicitar fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos

Quando é feita a mistura de um determinado produto a ser vendido, seguindo o que está prescrito na IO, é realizada uma análise laboratorial para verificar se o produto está de acordo com as especificações comerciais. Em alguns casos, apesar do procedimento ter sido realizado corretamente, os produtos ficam fora das especificações e o operador do centro de controle não prossegue com o envio para o cliente, tendo que corrigir a mistura realizada para que entre nas especificações comerciais. Dessa forma, a ação, relativamente simples, de realizar a mistura seguindo o que está prescrito na IO, pode resultar em uma série de tomadas de decisões a ser realizada pelo operador do centro de controle, com a finalidade de corrigir a mistura. Este é um entre outros casos de não linearidade no sistema em estudo.

O fato do centro de controle da logística ser um sistema onde há presença de interações não lineares justifica a necessidade dos procedimentos explicitarem fatores que podem levar à adaptação dos mesmos. Como exemplo, no caso das misturas fora de especificação, existe um procedimento específico que pode ser utilizado para realizar sua correção. Outra característica de complexidade, a influencia de fatos ocorridos no passado na tomada de decisão, também justifica a necessidade da aplicação desse princípio. De fato, foi observado, principalmente nas entrevistas do MDC, que os operadores utilizam muito de sua experiência pessoal na execução das tarefas para adaptar os procedimentos. Por exemplo, ocasionalmente é identificado problema no enchimento de um determinado tanque, esse tipo de problema normalmente ocorre devido a erros nos alinhamentos que não são controlados via SDCD sendo que sua solução seria a verificação do alinhamento. Esse conhecimento tácito da possível causa do problema e de como o resolver, é um caso de experiência operacional que poderia se tornar explícita e integrada a um procedimento.

Os operadores e supervisores do setor, quando perguntados a respeito da necessidade desse princípio apresentaram significativa concordância ($X1= 12,59$ e $CV = 14\%$). Contudo, foi verificado que o princípio não está sendo devidamente aplicado ($X2= 6,28$ e $CV = 63\%$).

No exemplo descrito anteriormente, da correção de mistura, há um procedimento que prevê como agir quando ocorre erro na mistura, exigindo uma adaptação. No entanto, previsão similar não é comum dentre os 43 procedimentos que existem na logística. Por exemplo, no procedimento que diz respeito à operação do sistema de alívio de pressão ou tochas, não há detalhes quanto à eventual necessidade da redução do consumo de água, fato que eventualmente ocorre nesse sistema, devido a problemas no suprimento de água, o que influencia drasticamente a sua operação. Quando uma situação assim ocorre deve-se reduzir a quantidade de vapor de água nas tochas, por mais que isso possa gerar formação de fumaça nas tochas, o que não é recomendado pelas normas ambientais.

Assim, há uma incompatibilidade na gestão de procedimentos do setor em estudo quanto ao princípio em questão. Em termos de concepção física dos procedimentos, foi discutido junto aos operadores que falta no formato dos procedimentos um espaço para preencher com possíveis anomalias e adaptações. Embora a utilização de um item com esse conteúdo possa facilitar a tomada de decisão em determinados casos, somente as adaptações mais usuais poderiam ser incluídas nos procedimentos, sob pena de gerar um excesso de informações, confundindo o operador ou retardando o processo de tomada de decisão. Contudo, durante as reuniões com os supervisores, foi levantada a questão que uma das dificuldades da aplicação desse tipo de solução é o fato da refinaria em estudo possuir certificações do tipo ISO 9001, cujas auditorias penalizam qualquer tipo de não conformidade com o que consta nos procedimentos e normas. Sendo assim, algum item dentro de um procedimento que já indique a possibilidade de adaptação não seria bem-vindo pelas auditorias que ocorrem periodicamente.

6.5.7 O procedimento deve ser considerado um suporte à tomada de decisão, não uma rotina para ser seguida rigidamente

O controle do sistema de alívio de pressão da refinaria possui um caráter imprevisível em seu funcionamento, pois está diretamente vinculado as ações dos demais setores da refinaria. São eventualmente identificados comportamentos não-lineares nessa parte do sistema, onde simples ações quando combinadas com eventos ocorridos por elementos externos ao sistema, podem possuir uma resposta totalmente fora do esperado, podendo exigir acionamento dos sistemas de segurança da planta e produzindo instabilidades.

Esse é apenas um dos exemplos de comportamento não linear que é identificado no sistema em estudo. A presença dessa característica de complexidade deixa evidenciada a necessidade de interpretar os procedimentos como um suporte à tomada de decisão, já que esses nem sempre poderão ser seguidos de forma rígida, pois dependem das condições do sistema para serem aplicados.

Através da aplicação do questionário, foi verificado que os operadores e supervisores não possuem a mesma convicção quanto a esse tema. Um valor de 8,46 com um coeficiente de variação de 49% mostram que a concordância com esse princípio não é algo totalmente aceito e a variação das respostas deixa claro certa dúvida no momento de responder a questão. Nas reuniões de avaliação das respostas dos questionários foi atribuída a possibilidade dessa incerteza, por se tratar de um princípio que traz à tona a quebra do paradigma de que os procedimentos sempre devem ser seguidos de forma rígida. Quando perguntados a respeito de como esse princípio era aplicado na Logística, os 6,11 de média na resposta mostram que houve certa discordância, no entanto, o coeficiente de variação de 79% deixa claro que essa é uma questão longe da unanimidade entre os operadores e supervisores.

Quando realizada a discussão, junto aos operadores e supervisores a respeito dos resultados dos questionários, esses apresentaram a questão de que na prática há certa tolerância em flexibilizar os procedimentos. Como no momento de realizar as vendas aos clientes, onde cada minuto de atraso pode representar perdas econômicas. Sendo assim fica claro que para obter os resultados desejados mesmo com uma filosofia de que se devem seguir os procedimentos de forma rígida, é assumido que se utilizando de resiliência, se é capaz de alcançar os objetivos de forma eficaz e eficiente. Em outras palavras esse é um princípio de gestão de procedimentos o qual se pode considerar como utilizado no setor em estudo.

6.5.8 Os procedimentos devem ser interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso

A complexidade do sistema em estudo por si só explicita a necessidade de que os procedimentos não sejam os únicos recursos para garantir o desempenho esperado do setor. Há uma necessidade de mais recursos, como treinamentos, aumento da instrumentação, sistemas de gestão de mudanças, entre outros.

Ao avaliar a necessidade desse princípio no sistema da logística, os supervisores e operadores de um modo geral concordaram com sua aplicação apontando uma média de 10,41. Quando perguntados se o mesmo princípio é cumprido dentro da logística a resposta foi uma concordância com o valor de 9,70.

No sistema da logística atualmente, existem treinamentos que são realizados eventualmente pelos operadores como *workshops* onde são feitas revisões a respeito do funcionamento de determinadas partes operacionais de dentro da logística. Há também um sistema de gestão de mudanças que auxilia na atualização dos procedimentos, quando ocorrem modificações no modo de operar de determinado equipamento. Contudo, por mais que esse princípio de procedimento esteja sendo adotado no setor, é apontada a necessidade de trazer melhorias a esses recursos. O sistema de gestão de mudança necessita ser dinâmico a ponto de estar sempre atualizado. Enquanto os treinamentos devem possuir uma periodicidade estipulada, além de abordar simulações do cotidiano de trabalho dos operadores.

6.5.9 Deve existir uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos

Durante a aplicação do MDC, houve vários relatos de anormalidades durante as operações no centro de controle da logística. Por exemplo, houve o relato de que, durante o enchimento de um tanque com uma carga de asfalto, outro tanque, que se encontrava ao lado do que estava sendo cheio, começou a vaziar o conteúdo. Esse fato ocorreu, pois algumas válvulas que conectavam os dois tanques, bem como essas a outros nas vizinhanças, estavam abertas, ao invés de fechadas. O operador do centro de controle somente conseguiu reverter essa situação através de seu conhecimento tácito, já que nunca havia realizado um treinamento específico para esse tipo de situação. No caso, o operador parou o envio de material e solicitou uma inspeção dos tanques e de suas respectivas válvulas, identificando assim o problema. Fica assim, evidenciada a existência de situações inusitadas em meio a uma operação estável.

O surgimento de anormalidades desse tipo, geralmente repentinas e de grande impacto, demonstra que os operadores devem estar capacitados para perceber quando é necessário adaptar os procedimentos, ou como agir em caso de não aplicabilidade dos

mesmos ($XI= 12, 53$ e $CV = 22\%$). Quando questionados se essa capacitação existe no sistema, a resposta foi de 6,20 no questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos, com um coeficiente de variação de 74%. Uma das possíveis explicações para esse alto CV, segundo relatos obtidos nas reuniões de apresentação dos resultados, é a existência de treinamentos simulados, o que, na interpretação de alguns respondentes, proporciona a capacitação para lidar com situações não previstas (o valor máximo no questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos foi de 14,3). Contudo, houve indícios de limitações nesses treinamentos, reconhecidas por alguns respondentes (o valor mínimo no questionário de uso dos princípios de gestão de procedimentos foi de 0,2). Atualmente, existem dois tipos de treinamentos simulados no setor estudado. No primeiro tipo, a ênfase está em verificar se uma determinada tarefa é executada exatamente como consta no procedimento. No segundo tipo, são treinadas situações de emergência, como abandono de área, contenção de incêndio e estancamento de vazamento de gases tóxicos. Deste modo, adaptações mais ou menos sutis que ocorrem nas operações de produção, não são devidamente abordadas pelos treinamentos. Assim, há evidências importantes de incompatibilidade entre o uso desse princípio de gestão de procedimentos e a complexidade do sistema.

6.5.10 Os procedimentos devem ser concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão

Quando há um envio de um novo lote de matéria prima contida em um determinado tanque para alguma unidade, pode haver a presença de um circuito fechado. Essa nova matéria prima, por possuir diferentes características quanto a sua natureza, pode causar uma série de variabilidades no processo das unidades que a irão tratar. Quando isso ocorre, os operadores da logística são comunicados pelos colegas da destilação ou craqueamento que a nova matéria prima está causando distúrbios. Assim, o operador do centro de controle deve tomar alguma decisão, em conjunto com os colegas dos setores impactados, no caso destilação e craqueamento, a fim de solucionar o problema.

O caso descrito é um exemplo de como as ações tomadas no setor da logística influenciam e ao mesmo tempo são influenciadas pelas ações dos operadores dos demais setores. Logo, a perspectiva de profissionais de outros setores é importante no momento de avaliar ou criar um procedimento. Esse ponto de vista parece ser bem

aceito pelos operadores ($X1= 11,06$ e $CV = 32\%$), embora eles entendam que o mesmo não é colocado em prática como deveria ($X2= 5,89$ e $CV = 71\%$).

Durante as reuniões de discussão dos resultados junto aos supervisores, alguns deles enfatizaram que uma causa para a não aplicação desse princípio seria o custo de alocar mais mão de obra na revisão e desenvolvimento de procedimentos. Contudo, caso fossem avaliados os custos já gerados e que possivelmente serão gerados pela redução da eficiência na operação causada por limitação do conteúdo descrito nos procedimentos, esse argumento certamente seria pouco válido. Atualmente a revisão dos procedimentos é realizada por um reduzido número de pessoas sendo todos da logística, segundo já explicado no item 6.3.3.

7 DISCUSSÕES

7.1 Plano de ação

Com base na aplicação do protocolo, foi possível observar aspectos que podem ser melhorados na gestão de procedimentos no setor em estudo. As recomendações de melhoria, apresentadas na Figura 15, foram discutidas com operadores, supervisores e gerentes, por ocasião das reuniões de retorno dos resultados da avaliação de compatibilidade.

Sugere-se que inicialmente sejam implementadas as recomendações de melhorias que envolvem princípios associados à filosofia da gestão dos procedimentos, por essas serem as de maior abrangência. Para obter procedimentos compatíveis com a complexidade do sistema sócio-técnico, é fundamental que ideias fundamentais acerca de complexidade sejam disseminadas em todos os níveis hierárquicos, gradativamente sendo incorporadas à cultura organizacional. Ao longo da pesquisa, foi identificado que a filosofia preponderante entre os gerentes era a de que os procedimentos deveriam ser cumpridos sem adaptação (ver respostas do questionário na questão “Os procedimentos na logística são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não como uma rotina para ser seguida rigidamente.”), fato que contribuiu para a não aplicação da maioria dos princípios propostos. Os funcionários mais experientes consideravam a adaptação de procedimentos como algo fundamental para o funcionamento do setor da logística. Isso foi observado quando separados os questionários dos operadores que possuíam mais de dez anos de experiência dos que possuíam menos de dez anos, o primeiro grupo

apresentou um *XI* de 9,56 para a questão “o descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição”, enquanto os menos experientes apresentaram um *XI* de 7,39. Essa diferença representa um valor de 14,5% referente a escala, podendo assim ser considerada significativa. O mesmo efeito foi observado nas demais questões que tratavam da adaptação de procedimentos. A futura aplicação dos princípios propostos foi levada em consideração por esses funcionários, na reunião de retorno dos resultados, e a possibilidade de trabalhos futuros nessa área foi levantada.

Em um segundo momento, após os princípios associados à filosofia de gestão de procedimentos, é sugerido que sejam aplicadas as recomendações que tratam dos princípios associados ao monitoramento dos procedimentos, visto que isso tende a contribuir para a melhoria contínua dos mesmos. Atualmente em toda a refinaria os procedimentos costumam ser monitorados utilizando a visão das certificações com base em normas como a ISO 9001, ISO14001 e BSI OHSAS 18001, fazendo com que haja certa intolerância à flexibilização de procedimentos. Certamente, essa é uma das questões a serem tratadas pela gerência do setor no momento de aplicar as recomendações expostas no presente trabalho, devido à recomendação de ações contrárias àquelas recomendadas pelos órgãos auditores das certificações. Por exemplo, segundo informado pelos representantes da logística, os órgãos auditores não admitem procedimentos cujo conteúdo explicitamente anormalias que podem aparecer durante a execução do próprio procedimento, exigindo a adaptação do mesmo.

As recomendações relacionadas à concepção dos procedimentos seriam a terceira a serem aplicadas. Nesse sentido, a gerência do setor poderia incentivar os demais setores da refinaria para que disponibilizem alguns de seus operadores mais experientes no momento de desenvolver ou reavaliar um procedimento. Para isso, provavelmente seria utilizado um maior número de homens-horas para a concepção do procedimento, implicando em maiores custos, o que pode ser uma barreira para a aplicação dessa recomendação.

Princípio	Condição	Pontos de Melhoria
A cultura organizacional reconhece que as diferenças entre os procedimentos e o trabalho real podem ser frequentemente, legítimas e normais.	Não aplicado no setor	Mudança de cultura organizacional, a partir de políticas corporativas e desenvolvimento de pesquisas que indiquem como operacionalizar a perspectiva da complexidade sobre os procedimentos.
As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.	Não aplicado no setor	Implantação de um sistema de gestão de mudanças que se mantenha continuamente atualizado. Implantação de sistema de relatos para o monitoramento do trabalho prescrito e o real.
O descumprimento de procedimentos não é, necessariamente, um erro humano e nem algo passível de punição.	Aplicado somente em situações normais.	No momento de investigar razões de anomalias, tratar de não simplesmente culpar o fato de o procedimento não ter sido seguido. Deve-se investigar o porque da não execução do procedimento.
O conteúdo dos procedimentos explicita suas relações de dependência com outros elementos do sistema sócio-técnico, salientando os motivos e impactos dessas relações.	Não aplicado no setor	Realizar avaliação de impactos dos procedimentos em demais setores da refinaria que não só a logística. Para isso será importante a integração de operadores de outros setores no momento de desenvolver ou revisar os procedimentos.
Os procedimentos devem explicitar os fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.	Não aplicado no setor	Inserir no formato dos procedimentos um espaço para preencher com anomalias e adaptações recorrentes no dia a dia. Tal espaço deve ser sucinto a ponto de não criar um excesso de informação.

Figura 15 Resumo de propostas de melhorias que devem ser contempladas em um plano de ação para tornar a gestão de procedimentos compatível com a complexidade do setor da logística da refinaria em estudo

Os procedimentos são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não sendo, necessariamente, interpretados como uma norma rígida.	Aplicado	Supervisores devem trazer a tona com os operadores discussões quanto a adaptação de procedimentos.
Os procedimentos são interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.	Aplicado de modo deficiente	Necessidade de abranger nos treinamentos a adaptação de procedimentos. Necessidade de melhorias no atual sistema de gestão de mudanças que deve ser mais eficaz.
Deve existir uma capacitação, por meio de estratégias formais e informais específicas, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.	Não aplicado.	Inserir treinamentos simulados que abordem situações reais do dia a dia que incluam a adaptação de procedimentos.
Os procedimentos são concebidos e avaliados por uma equipe multifuncional, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão	Não aplicado.	Alocar maior número de operadores no momento de realizar a revisão e desenvolvimento de procedimentos.

Figura 15 (Continuação) Resumo de propostas de melhorias que devem ser contempladas em um plano de ação para tornar a gestão de procedimentos compatível com a complexidade do setor da logística da refinaria em estudo

7.2 Utilidade e facilidade de uso do protocolo

A aplicação do protocolo foi realizada por um engenheiro químico que realizava um mestrado na área de engenharia de produção. Dessa forma, foi facilitada a aplicação do protocolo no setor em estudo devido ao conhecimento, ao menos parcial, dos aspectos técnicos e teóricos relacionados ao tema e domínio em questão. Contudo, a aplicação do mesmo protocolo por um pessoa que desconheça estudos que envolvem sistemas sócio-técnicos complexos pode ser mais difícil. Como parte da avaliação da aplicação do protocolo, houve uma entrevista com um dos supervisores do setor em estudo, e esse não se considerou apto a replicar o protocolo, ainda que tenha sido entre todos os supervisores o que mais participou no projeto. Isso se deve a pouca familiaridade com a teoria subjacente ao protocolo, sendo assim, isso passa a ser um pré-requisito para a sua aplicação. Segundo o supervisor, muitas das oportunidades de melhoria detectadas pelo pesquisador não poderiam ser tão facilmente identificadas por ele.

Além disso, embora o protocolo proposto seja um método sistêmico, o supervisor entrevistado também indicou que a capacidade de extrair informações com utilidade prática a partir dos dados coletados é uma etapa que também necessita de um conhecimento específico. Como exemplo da dificuldade de análise dos dados, por vezes, as respostas dos operadores nos questionários não deveriam ser interpretadas sem considerar as demais fontes de evidências. De fato, esse foi o caso da avaliação do princípio que aborda a necessidade do conteúdo dos procedimentos explicitar suas relações de dependência com outros elementos do sistema. Nesse caso, os resultados dos questionários apontavam que esse princípio era razoavelmente cumprido no setor (X^2 igual a 9,32). No entanto, com base na análise dos próprios procedimentos e na discussão dos resultados junto a operadores, supervisores e gerentes, foi verificado que o mesmo princípio era aplicado com pouca intensidade. Embora cada procedimento indicasse, explicitamente, quais os outros procedimentos tinham relação com o mesmo, essa indicação era limitada à citação do número dos procedimentos relacionados, sem nenhuma indicação acerca da natureza das relações. Essa ambiguidade pode ser devida ao fato de que cada operador, no momento de responder os questionários, visualizou um procedimento específico, com o qual ele tinha maior ou menor familiaridade. Também vale lembrar que a média das respostas à cada questão pode induzir a conclusões

equivocadas, visto que houve muita variabilidade nas respostas a várias questões (CV igual a 40%, na questão exemplificada acima) .

O tempo necessário para aplicação do protocolo foi citado, pelos supervisores como um fator que impossibilitaria a aplicação do mesmo por parte de alguém interno da refinaria. O fato de alocar alguém para realizar esse tipo de atividade, no momento, foi considerado inviável visto a demanda de tarefas que os funcionários do setor apresentam. A Figura 16 trata de sumarizar os aspectos negativos e positivos do protocolo. Com base nessa figura, é possível perceber que os aspectos negativos do protocolo estão vinculados à facilidade de uso, enquanto os aspectos positivos são vinculados à utilidade do mesmo.

Alguns dos aspectos negativos poderiam ser melhorados, como a questão do tempo utilizado na aplicação da ferramenta. Caso o protocolo de avaliação proposto requeresse um menor tempo de aplicação, uma avaliação em mais de um setor da refinaria seria possibilitada. Quanto à reprodutibilidade dos resultados, seria interessante a aplicação do mesmo método por outro especialista a fim de verificar se a reprodutibilidade está vinculada somente ao conhecimento da teoria científica que envolve o protocolo, ou se pode variar de observador para observador também. Neste aspecto, a capacidade de quem estiver aplicando o protocolo em realizar o MDC é um ponto fundamental para garantir uma reprodutibilidade dos resultados. Isso se deve à condição do MDC como ferramenta fundamental para entender a realidade do sistema sócio-técnico em estudo, tanto no que diz respeito em caracterizar o sistema, quanto avaliar a complexidade e a compatibilidade da gestão de procedimentos com a complexidade do sistema.

Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Método Reprodutível	Necessidade de capacitação na teoria da complexidade e engenharia de resiliência.
Eficaz na identificação de problemas	Tempo necessário
Provoca discussões no setor em estudo	Necessidade de gestores comprometidos com a filosofia abordada nos princípios de gestão dos procedimentos.

Figura 16 Relação dos aspectos positivos e negativos do protocolo desenvolvido

8 CONCLUSÕES

O presente artigo teve como principal objetivo o desenvolvimento de um protocolo para avaliação de compatibilidade da gestão de procedimentos em sistemas complexos. Para isso, primeiramente foi necessário o desenvolvimento de princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos com base em uma revisão literária, assim como compilar características caracterizadoras de complexidade. Os objetivos específicos eram a aplicação do protocolo desenvolvido em um centro de controle de uma refinaria de petróleo através de um estudo de caso e o delineamento de diretrizes para melhorias na gestão de procedimento no caso estudado.

O protocolo foi desenvolvido e aplicado no setor da logística de uma refinaria de petróleo. Ao todo foram realizadas 55 horas de observações (que incluíam conversas informais com os operadores observados), 5 horas de entrevistas aplicando o MDC, 6 reuniões com operadores, supervisores, engenheiros e gerentes (tais reuniões consumiram aproximadamente 10 horas), além de 30 questionários respondidos. Todos esses dados proporcionaram embasamento para a avaliação da gestão de procedimentos no setor em estudo.

O protocolo sinalizou oportunidades de melhorias, evidenciando também uma percepção tradicional e fortemente vinculada a sistemas de certificação para gestão de procedimentos no setor da logística da refinaria estudada, o qual possuía todas as características de complexidade avaliadas no protocolo. Tendo em vista trabalhos futuros, sugere-se uma avaliação com especialistas dos princípios caracterizadores da complexidade utilizados como referência no protocolo, por mais que as características de complexidade utilizadas estejam presentes em importantes publicações. Analogamente, uma avaliação com especialistas seria pertinente com o propósito de discutir os princípios de gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos utilizados no protocolo.

Tratando de testar o protocolo e trazer melhorias ao mesmo, são sugeridos futuros estudos que apliquem o mesmo em outros sistemas-complexos, tais como *cockpit* de avião, sala de controle de usina nuclear e bloco cirúrgico de hospital. Contudo a aplicação do protocolo em novos domínios exige uma avaliação quanto as fontes de evidência apresentadas para caracterizar o sistema sócio-técnico e a complexidade. O

desenvolvimento de novos protocolos seguindo uma sistemática semelhante à utilizada no presente artigo também é recomendado. Dessa forma, será possível obter protocolos que avaliem a compatibilidade de demais fatores organizacionais em sistemas complexos, como, por exemplo, avaliação da compatibilidade da interface homem-máquina, compatibilidade da gestão da comunicação ou até mesmo compatibilidade do treinamento com a natureza do sistema sócio-técnico.

REFERÊNCIAS

- BAKER J. The Report of The BP U.S. **Refineries Independent Safety Review Panel**, 2007
- BERGSTROM J., DAHLSTROM N., WINSEN R., LUTZHOF M., DEKKER S., NYCE J. Rule – and Role – Retreat : an Empirical Study of Procedures an **Resilience**. *Journal of Maritime Research*, Vol. VI, 2009.
- CHRISTOFFERSEN K., WOODS D. **The Occupational Ergonomics Handbook**, CRC Press LCC, 1999.
- CILLIERS P. **Complexity and Postmodernism – Understanding complex systems**, Routledge, Oxon, 1998.
- CLEGG C. Sociotechnical principles for system design. Elsevier, **Applied Ergonomics** p. 463 -477 Vol. 31, 2000.
- CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. **Working Minds: A Practitioner's Guide to cognitive Task Analysis**. Cambridge: The MIT Press, 2006.
- CRONBACH, J., Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**. 16, 297-334, 1951.
- DEGANI A., WIENNER E. Procedures in Complex Systems: The Airline Cockpit. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans**, Vol. 27 No. 3, 1997.
- DEKKER S. **Drift into Failure – From Hunting Broken Componets to Understanding Complex Systems**, Ashgate, 2011.
- DEKKER S. **Ten Questions About Human Error- A New View of Human Factors and System Safety**, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers New Jersey, 2005.
- DEKKER S. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety, Elsevier, **Applied Ergonomics** Vol. 34, p. 233–238, 2003.

HENDRICK, H., KLEINER, B. - Macroergonomics: an introduction to work system design. **Human Factors and Ergonomics Society**, 2001.

HEYLIGHEN, F. CILLIERS, P., GERSHENSON, C. Complexity and Philosophy. Complexity. **Science and Society**. Oxford, UK: Radcliffe, 2007.

LIKER, J. **O Modelo Toyota – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K., MEIER D. **O Modelo Toyota - Manual de aplicação**. Porto Alegre Bookman, 2006.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1997.

PARIÈS J. Lessons from the Hudson. Em **Resilience Engineering in Practice**, Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2011.

PRINGLE J. **On the Parallel between Learning and Evolution**. Behaviour, vol. 3, 1951.

PERROW C. **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies**. Basic Books, New York, 1984.

SNOOK S. **Friendly Fire: The accidental shoot down of U.S. Black Hawks over northern Iraq**. Princeton University Press, 2000.

SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge**. New York: Free Press, 1987.

TAYLOR, F. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo; Atlas, 2010

WOODS D., HOLLNAGEL E., **Joint and Cognitive Systems An Introduction to cognitive Systems Engineering**. New York CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

WTRHEE, webmaster de www.refap.com.br acessado em 13 de outubro de 2011.

CAPITULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

1 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como objetivo principal desenvolver um protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados. Contudo, para desenvolver tal protocolo foi necessário atingir dois objetivos específicos, sendo o primeiro desenvolver um protocolo para caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico e o segundo compilar princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, com base em uma revisão de literatura.

O método para caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico foi projetado para ser uma ferramenta sistemática. A fim de contornar a dificuldade de lidar com a variedade de definições e características atribuídas aos sistemas complexos, criou-se a necessidade que essas fossem compiladas. Uma revisão bibliográfica, a respeito do tema sistema complexos, foi feita e dentre publicações clássicas associadas à complexidade em sistemas sócio-técnicos, foram escolhidas as características de sistemas complexos que eram citadas por pelo menos três das publicações. Dessa forma, foram escolhidas sete características que evidenciam a presença de complexidade em um dado sistema.

O protocolo para caracterizar a complexidade de um sistema sócio-técnico consiste em inicialmente escolher e delimitar o sistema sócio-técnico a ser estudado, bem como obter uma compreensão do mesmo baseado nos quatro subsistemas sócio-técnicos (social, técnico, organizacional e ambiente externo). Após essa etapa, é necessário identificar a presença das sete características da complexidade. Para isso, foi proposta uma série de fontes de evidências para identificar a presença de cada característica. Essas fontes de evidências são divididas em três tipos: documentos, entrevistas e observações locais. Além disso, também deve ser realizada a aplicação do MDC a fim de aumentar o entendimento a respeito do sistema e identificar eventos reais onde a complexidade esteve evidente.

Uma aplicação do protocolo para caracterizar a complexidade foi realizada no centro de controle do setor de logística de uma refinaria de petróleo. A coleta de dados foi

realizada ao longo de dois meses (10 visitas) e consumiu aproximadamente 55 horas de observações locais (que incluíam conversas informais com os operadores observados). Nesse período, o pesquisador geralmente ficava posicionado no centro de controle nas proximidades dos operadores, observando e analisando primeiramente as características dos subsistemas sócio-técnicos, e após as características da complexidade. Os momentos de observações também envolveram conversas informais com os operadores, sendo possível realizar perguntas acerca do funcionamento do sistema. Quanto aos documentos, 60 deles foram analisados, dentre procedimentos gerais da empresa, procedimentos específicos do setor, manuais de equipamentos, relatórios de incidentes e diagramas de processo. A análise de tais documentos consumiu aproximadamente 50 horas de observações fora do centro de controle da logística. Por último, 5 horas de entrevistas aplicando o MDC foram realizadas. Ao final da aplicação do protocolo, evidências das sete características de complexidade foram identificadas.

Concluído o primeiro objetivo específico, foram desenvolvidos princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos, para isso, realizou-se uma revisão de literatura para servir de base aos princípios. A revisão da literatura enfatizou publicações de autores de reconhecida importância na área de gestão da segurança em sistemas complexos, priorizando suas publicações em livros e periódicos internacionais no campo de ergonomia. Dentre os periódicos selecionados, foram selecionados os artigos com contribuições teóricas referentes à gestão de procedimentos. Os artigos foram classificados em dois grandes grupos: (a) aqueles que tratavam de recomendações gerais para a gestão de procedimentos, porém sem explicitar um enunciado de princípios de gestão; (b) aqueles que enunciavam princípios de gestão de procedimentos. Ao final da avaliação da bibliografia foram desenvolvidos nove princípios de gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos.

Atingidos os objetivos específicos, foi possibilitado o desenvolvimento do protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados. O protocolo desenvolvido trata de avaliar se o sistema em estudo é complexo e se nele os princípios de gestão de procedimentos em sistemas complexos são cumpridos. Para isso, o protocolo propõe a avaliação dos dados coletados para caracterizar a complexidade do sistema sócio-técnico e a aplicação de dois questionários, aos operadores do sistema em estudo, com a

finalidade de verificar a aplicabilidade dos princípios propostos e se esses são utilizados. Com base nos dados coletados na aplicação do protocolo para avaliação da complexidade de um sistema sócio-técnico, dos questionários aplicados e de encontros para discussão dos resultados dos questionários com operadores, supervisores e gerentes, é possível realizar uma avaliação de compatibilidade da gestão de procedimentos com a complexidade do sistema em estudo.

O protocolo para avaliação de compatibilidade entre a gestão de procedimentos e a complexidade do sistema sócio-técnico em que esses são aplicados foi utilizado em um estudo no centro de controle do setor de logística em uma refinaria de petróleo. Os questionários foram respondidos por 30 pessoas, sendo 26 operadores e 4 supervisores. Ao final da análise de todos os dados coletados, foi avaliada a extensão pela qual os princípios da gestão de procedimentos em sistemas complexos eram aplicados. Com base nessa avaliação, foram propostas uma série de melhorias e um plano de ação para trazer a compatibilidade desejada. Como exemplos dessas ações, podem ser salientados: (a) implantação de sistema de relatos para o monitoramento do trabalho prescrito e o real; (b) alocar operadores de diferentes setores no momento de realizar a revisão e desenvolvimento de procedimentos; (c) inserir treinamentos simulados que abordem situações reais do dia a dia que incluam a adaptação de procedimentos.

2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

A utilização do protocolo permite uma reprodutibilidade dos resultados encontrados, porém essa está condicionada à aplicação do protocolo por pessoal capacitado, principalmente quanto ao conhecimento das teorias que tratam da complexidade. Dessa forma, é possível indicar, para trabalhos futuros, o desenvolvimento de métodos de avaliação da presença de complexidade que possuam uma maior facilidade em sua aplicação.

Outras recomendações para trabalhos futuros são: (a) submeter, à validação de especialistas, as lista de princípios caracterizadores da complexidade utilizados como referencia no protocolo, bem como as listas de princípios de gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos; (b) realizar aplicações do protocolo em outros domínios, tais como o *cockpit* de um avião, sala de controle de usina nuclear e bloco cirúrgico de hospital; (c) desenvolver protocolos similares para avaliar a

compatibilidade entre a complexidade e outras dimensões organizacionais em sistemas complexos, tais como interface homem-máquina, treinamento e medição de desempenho; (d) desenvolver métodos para operacionalizar a perspectiva da complexidade na gestão de procedimentos, enfatizando o aprendizado a partir de experiências reais em que os princípios foram colocados em prática.

REFERÊNCIAS

BADACK, J. DREWS F., The Using Knowledge in the World to Improve Patient Safety: Designing Affordances in Health Care Equipment to Specify a Sequential “Checklist”, **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, Vol. 22, p. 7–20, 2011.

BAKER J. The Report of The BP U.S. Refineries **Independent Safety Review Panel**, 2007

BERGGREN, C. Alternatives to lean production: work organization in the Swedish auto industry, School of Industrial and Labor Relations, Cornell University Ithaca New York.1992.

BERGSTROM J., DAHLSTROM N., WINSEN R., LUTZHOF M., DEKKER S., NYCE J. Rule – and Role – Retreat : an Empirical Study of Procedures an **Resilience.Journal of Maritime Research**, Vol. VI, 2009.

BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.

BLACK T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1998.

BLAKSTAD, H. HOVDEN J. ROSNESS R. Reverse invention: An inductive bottom-up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modifications in the Norwegian railway system. Elsevier, **Safety Science** vol. 48 pg. 382–394, 2010.

BURIAN, B.; BARSHI, I. Emergency and Abnormal Situations: A Review of ASRS Reports. **12th International Symposium on Aviation Psychology**. Wright State University Press, Dayton, Ohio, 2003.

CARLEY, W., Swissair pilots differed on how to avoid crash. **Wall Street J.**, January 21, 1999.

CILLIERS P. Complexity and Postmodernism – Understanding complex systems, Routledge,Oxon, 1998.

CILLIERS P.Complexity, Ethics and Justice, **Journal of Humanistics**, Vol. 5p. 19-26, 2004.

CHRISTOFFERSEN K., WOODS D. **The Occupational Ergonomics Handbook**, CRC Press LCC, 1999.

CLEGG C. Sociotechnical principles for system design. Elsevier, **Applied Ergonomics** p. 463 -477 Vol. 31, 2000.

COOK, M. NOYES J., MASAKOWSKI, Y. **Decision Making in Complex Environments**. Ashgate Publishing Company, Burlington, 2007.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. **Working Minds: A Practitioner's Guide to cognitive Task Analysis**. Cambridge: The MIT Press, 2006.

CRONBACH, J., Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 16, 297-334, 1951.

DEGANI A., WIENNER E. Procedures in Complex Systems: The Airline Cockpit. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans**, Vol. 27 No. 3, 1997.

DEKKER S. **Drift into Failure – From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems**, Ashgate, 2011.

DEKKER S. **Ten Questions About Human Error- A New View of Human Factors and System Safety**, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers New Jersey, 2005.

DEKKER S. Failure to adapt or adaptations that fails: contrasting models on procedures and safety, Elsevier, **Applied Ergonomics** 34 (2003) 233–238, 2003.

ÈRDI P. **Complexity Explained**, Springe-Verlag, Berlin, 2008.

FLIN, R.; O'CONNOR, P.; CRICHTON, M. **Safety at the sharp end: a guide to Non-Technical Skills**. Hampshire/Burlington: Ashgate, 2008.

GRIMM V., REVILLA E., BERGER U., JELTSCH F., MOOIJ W., RAILSBACK S. THULKE H., WEINER J., WIEGAND T., DEANGELIS D. Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology - **Science Magazine** 11 November 2005: Vol. 310, p. 987-991, 2005.

HAFEY R. **Lean Safety**, New York: Taylor and Francis Group, 2010.

HALE L.; HOUSEHOLDER J.; GREENDE, L. The theory of reasoned action. Em J.P. DILLARD J.; PFAU M. (Eds.), **The persuasion handbook: Developments in theory and practice** (p. 259–286). Thousand Oaks, CA: Sage. 2003.

HARRIS, C.; HARRIS, R. **Developing a lean workforce: a guide for human resources, plant managers, and lean coordinators**. New York: Productivity Press, 2007.

HENDRICK, H., KLEINER, B. - Macroergonomics: an introduction to work system design. **Human Factors and Ergonomics Society**, 2001.

HEYLIGHEN F. Classic Publications on Complex, Evolving Systems: a citation-based survey, **Complexity** 2 (5), p. 31-36, 1997.

HEYLIGHEN, F. Complexity and Information Overload in Society: why increasing efficiency leads to decreasing control, **The Information Society**, 2002.

HEYLIGHEN, F. CILLIERS, P., GERSHENSON, C. Complexity and Philosophy. Complexity. **Science and Society**. Oxford, UK: Radcliffe, 2007.

HOLLNAGEL E. **Barriers and Accident Prevention**. Aldershot, UK: Ashgate, 2004.

HOLLNAGEL E. Prologue, **Resilience Engineering in Practice**, Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2011.

WEICK, K., **Making Sense of the Organization**, Wiley-Blackwell, Malden USA, 2001.

LIKER, J. **O Modelo Toyota – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K., MEIER D. **O Modelo Toyota - Manual de aplicação**. Porto Alegre Bookman, 2006.

MARODIN G. A. **Diretrizes para avaliação da utilização de práticas de produção enxuta em células de manufatura**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS. Porto Alegre, 2008.

MILTENBURG, J. - U-shaped production lines: A review of theory and practice. **International Journal of Production Economics**. Vol. 70, p. 201-214, 2001.

O'CONNOR, P.; O'DEA, A.; FLIN, R.; BELTON, S. Identifying the team skills required by nuclear power plant operations personnel. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 1028-1037, 2008.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1997.

PAGE S. **The Difference – How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms Schools, and Societies**, Princeton University Press, 2007.

PARIÈS J. Lessons from the Hudson. Em **Resilience Engineering in Practice**, Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2011.

PAVARD B., DUGDALE J. The contribution of complexity theory to the study of socio-technical systems. In **Unifying Themes in Complex Systems**. Publishers: Springer. 2006.

PRINGLE J. **On the Parallel between Learning and Evolution**. Behaviour, vol. 3, 1951.

PERROW C. **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies**. Basic Books, New York, 1984.

RASMUSSEN J. Risk Management in a Dynamic Society: a Modelling Problem. **Safety Science** Vol. 27, No. 2/3, pp. 183-213, 1997.

ROTHER M., SHOOK J. **Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate MUDA**. Massachusetts : Brookline, 1998.

SAGAN S. **The Limits of Safety: Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons**. Princeton, Princeton University Press, 1993.

SNOOK S. **Friendly Fire: The accidental shoot down of U.S. Black Hawks over northern Iraq**. Princeton University Press, 2000.

SPEAR, S., BOWEN, K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, 1999.

STROGATZ S., **Nonlinear Dynamics and Chaos**, Perseus Books Publishing, LLC, 1994.

SUCHMAN L. **Plans and Situated Actions: the problem of human-machine communication**, Cambridge University Press, 1987.

SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge**. New York: Free Press, 1987.

TAYLOR, F. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo; Atlas, 2010.

WILLIAMS M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 5, p. 269-273, 1999.

WOODS D., HOLLNAGEL E., **Joint and Cognitive Systems An Introduction to cognitive Systems Engineering**. New York CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

WOODS, D., JOHANNESSEN, J., COOK, R., SARTER, N., **Behind Human Error: Cognitive Systems, Computers, and Hindsight**. The Ohio State University Columbus, Ohio. 1994.

WTRHEE, webmaster de www.refap.com.br acessado em 13 de outubro de 2011.

APÊNDICE A – EXEMPLO MODIFICADO DE UM PROCEDIMENTO UTILIZADO NO SETOR EM ESTUDO

CORPORATIVO	[REDACTED]
EXPEDIÇÃO DE GASOLINA	
Status: Ativo	
Órgão aprovador:	LOGISTICA
Órgão gestor:	[REDACTED]
[REDACTED]	

Cadastro do padrão

SUMÁRIO

1. OBJETIVO
2. APLICAÇÃO E ABRANGÊNCIA
3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA E COMPLEMENTARES
4. DEFINIÇÕES
5. AUTORIDADE E RESPONSABILIDADE
6. DESCRIÇÃO
7. REGISTROS
8. ANEXOS

1. OBJETIVO

Estabelecer as condições e as atividades para expedição e operação da EMED de Gasolina, para garantir a manutenção da sua qualidade até o ponto "A" de operação; e de modo a preservar a saúde e segurança das pessoas e a integridade das instalações e do meio ambiente.

2. APLICAÇÃO E ABRANGÊNCIA

Este padrão se aplica a [REDACTED] /LOGÍSTICA.

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA E COMPLEMENTARES

	[REDACTED]	: Envio de Certificados de Ensaio na Logística
	[REDACTED]	: Amostragem na Logística
	[REDACTED]	: Drenagem de Tanques da Logística

-  : Medições de Produtos em Tanques
-  : Operação do Computador de Vazão OMNI
-  : Disposição de Produto Final Não-Conforme
-  : Processos Operacionais da Logística

4. DEFINIÇÕES

BDEMQ: Banco de Dados de Estocagem, Movimentação e Qualidade

EMED: Estação de Medição

EPI: Equipamento de Proteção Individual

OPMAN: Operador de Manutenção

Ponto "A": Limite Operacional de responsabilidade

SAP/R3: Solicitação de Manutenção (sistema informatizado para controle de solicitações e programações de manutenção)

5. AUTORIDADE E RESPONSABILIDADE

Este padrão é de responsabilidade da [redacted] Logística.

6. DESCRIÇÃO

6.1. CONDIÇÕES NECESSÁRIAS

6.1.1. [redacted]

6.1.2. [redacted]

conform

Program

6.1.3. [redacted]

horas, [redacted]

de estc

6.1.4. [redacted]

disponi

mesmo

novame

6.1.5. [redacted]

ou deni

6.1.6. [redacted]

6.1.7. [redacted]

registra

6.1.8. [redacted]

duplo

bloquei

- 6.1.9. Compa
- 6.1.10. enchim
- 6.1.11.
- 6.1.12. que a l
- 6.1.13. produco
- 6.1.14. operar.
- 6.1.15. permiti
- 6.1.16. indicad

NOTA:
 provide
 Shell e

6.2. INÍCIO DO BOMBEIO DE GASOLINA

- 6.2.1. aciona
- 6.2.2. mane
- 6.2.3. válvul
- 6.2.4. de pre
- Obs.:**
- (Low F
- m³/h.
- 6.2.5.
- 6.2.6.
- 6.2.7. abrir a
- 6.2.8. a caixa
- 6.2.9. cesse
- 6.2.10. ao por
- 6.2.11. Verific
- 6.2.12. Identifi
- Obs1.**
- 6.2.13. ou águ
- 6.2.14. analisa
- Obs2.:**
- 6.2.15. Rastre
- 6.2.16.

6.2.17. prefer

6.2.18. sala de

SUMÁRIO DE REVISÕES		
REV.	Data	DESCRIÇÃO E/OU ITENS ATINGIDOS
O		Emissão Original
H		Solicitação(ões) de Revisão Aprovada: Sugestão: Atualização da documentação.
G		Atualização do documento.
F		Revisão do item 5.10. e inclusão de OBS.
E		Inclusão do item 4.3
D		Atualização de documento
C		Revisão Geral
B		Revisão geral
A		alterar item 4.4 / 4.5 / 4.7 / 5.10 / 7.7 / 7.8

DOCUMENTOS COMPLEMENTARES ADICIONAIS:

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

ELETRÔNICA

Deve-se dar prioridade à consulta a padrões através do SINPEP, evitando a sua impressão

IMPRESSA

DESTINATÁRIOS

01 - /LOGÍSTICA - CIC

Clique aqui para acessar ou fechar as informações sobre declaração

***** ÚLTIMA FOLHA DO PADRÃO *****

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE APLICABILIDADE DE PRINCÍPIOS DE GESTÃO DE PROCEDIMENTOS

Questionário 1

Prezado amigo!

Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre o seu trabalho É MUITO IMPORTANTE. Solicito, então, que você preencha com sua idade, sexo, escolaridade, tempo de serviço e função nos quadros abaixo e marque com um X, em qualquer ponto na escala, a resposta que melhor representa sua opinião com relação aos diversos itens apresentados.

Não coloque o seu nome no questionário. As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

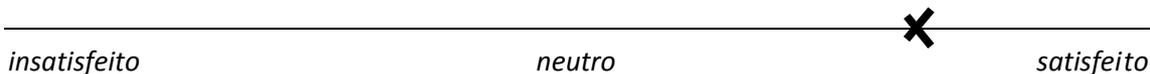
Muito obrigado!

Idade:	<input type="text"/>	Sexo:	<input type="checkbox"/> Masculino	Escolaridade:	<input type="checkbox"/> 1º grau completo
			<input type="checkbox"/> Feminino		<input type="checkbox"/> 1º grau incompleto
					<input type="checkbox"/> 2º grau completo
					<input type="checkbox"/> 2º grau incompleto
					<input type="checkbox"/> 3º grau completo
					<input type="checkbox"/> 3º grau incompleto
Tempo de empresa:	<input type="text"/>				
Função:	<input type="text"/>				

EXEMPLO DE PREENCHIMENTO

1. Time de futebol da Logística

insatisfeito
neutro


satisfeito

As perguntas a seguir são para avaliar sua opinião em relação a gestão de procedimentos e instruções de trabalho. As respostas devem ser baseadas em sua opinião acerca de como deveria ser realizada essa gestão, não necessariamente como ela é de fato realizada na sua empresa.

As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser consideradas frequentes, legítimas e normais.

Discordo
Totalmente

Neutro

Concordo
Totalmente

As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real devem ser monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.

Discordo
Totalmente

Neutro

Concordo
Totalmente

O descumprimento de procedimentos não deve, necessariamente, ser interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.

Discordo
Totalmente

Neutro

Concordo
Totalmente

O conteúdo dos procedimentos deve explicitar suas relações de dependência com outros elementos do sistema, como outras áreas e setores, salientando os motivos e impactos dessas relações

Discordo
Totalmente

Neutro

Concordo
Totalmente

Os procedimentos devem explicitar os fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

O procedimento deve ser considerado um suporte à tomada de decisão, não uma rotina para ser seguida rigidamente.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Os procedimentos devem ser interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Deve existir uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Os procedimentos devem ser concebidos e avaliados por uma equipe multidisciplinar, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DE USO DOS PRINCÍPIOS DE GESTÃO DE PROCEDIMENTOS

Questionário 2

Prezado amigo!

Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre o seu trabalho É MUITO IMPORTANTE. Solicito, então, que você preencha com sua idade, sexo, escolaridade, tempo de serviço e função nos quadros abaixo e marque com um X, em qualquer ponto na escala, a resposta que melhor representa sua opinião com relação aos diversos itens apresentados.

Não coloque o seu nome no questionário. As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Muito obrigado!

Idade:		Sexo:	<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Masculino</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Feminino</td> </tr> </table>		Masculino		Feminino	Escolaridade:	<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>1º grau completo</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>1º grau incompleto</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>2º grau completo</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>2º grau incompleto</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>3º grau completo</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>3º grau incompleto</td> </tr> </table>		1º grau completo		1º grau incompleto		2º grau completo		2º grau incompleto		3º grau completo		3º grau incompleto
	Masculino																				
	Feminino																				
	1º grau completo																				
	1º grau incompleto																				
	2º grau completo																				
	2º grau incompleto																				
	3º grau completo																				
	3º grau incompleto																				
Tempo de empresa:																					
Função:																					

EXEMPLO DE PREENCHIMENTO

1. Time de futebol da Logística

insatisfeito
neutro
satisfeito

As perguntas a seguir são para avaliar sua percepção em relação a gestão de procedimentos e instruções de trabalho em seu local de trabalho. Responda pensando em como as coisas funcionam onde você trabalha.

A cultura organizacional, ou seja, o sistema de comportamentos, normas e valores sociais da Logística, reconhece que as diferenças entre os procedimentos e o trabalho real são frequentes, legítimas e normais.

*Discordo
Totalmente*

Neutro

*Concordo
Totalmente*

As diferenças entre os procedimentos e o trabalho real na Logística são monitoradas, visando aproximar o trabalho prescrito e o real.

*Discordo
Totalmente*

Neutro

*Concordo
Totalmente*

O descumprimento de procedimentos na Logística não é, necessariamente, interpretado como um erro humano e nem algo passível de punição.

*Discordo
Totalmente*

Neutro

*Concordo
Totalmente*

O conteúdo dos procedimentos presentes na Logística explicita suas relações de dependência com outros elementos do sistema, como outras áreas e setores, salientando os motivos e impactos dessas relações

*Discordo
Totalmente*

Neutro

*Concordo
Totalmente*

Os procedimentos presentes na Logística explicitam os fatores que podem levar a necessidades de adaptação dos mesmos.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Os procedimentos na Logística são concebidos como um suporte à tomada de decisão, não como uma rotina para ser seguida rigidamente.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Os procedimentos, dentro do setor da Logística, são interpretados como um dos recursos para garantir o desempenho esperado, não necessariamente como o único ou o principal recurso.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Existe na Logística uma capacitação, para os operadores perceberem quando é necessário adaptar procedimentos ou como agir em caso de não aplicabilidade dos mesmos.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>

Os procedimentos na Logística são concebidos e avaliados por uma equipe multidisciplinar, de forma a incorporar perspectivas diversas na sua gestão.

<i>Discordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Concordo</i>
<i>Totalmente</i>		<i>Totalmente</i>