

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

LARISSA PEREIRA DE FARIAS

**FATORES DE DESIGN EM PROJETOS DA INSTRUMENTAÇÃO
NUCLEAR: UM ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR**

Rio de Janeiro

2019

LARISSA PEREIRA DE FARIAS

**FATORES DE DESIGN EM PROJETOS DA INSTRUMENTAÇÃO
NUCLEAR: UM ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear.

Orientadores:

Prof. Dr. Paulo Victor de Carvalho, D. Sc.

Prof. Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D. Sc.

Rio de Janeiro

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

LPER Pereira de Farias, Larissa

Fatores De Design Em Projetos Da Instrumentação Nuclear: Um Estudo De Caso No Instituto De Engenharia Nuclear / Larissa Pereira de Farias. -- Rio de Janeiro: CNEN/IEN, 2019.

x, 145 f. : il. ; 31 cm

Orientadores: Paulo Victor de Carvalho e Isaac José Antonio Luquetti dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Nucleares) – Instituto de Engenharia Nuclear, PPGIEN, 2019.

Instrumentação Nuclear. 2. Fatores de design. 3. Práticas de design.

CDD

CDU

FATORES DE DESIGN EM PROJETOS DA INSTRUMENTAÇÃO
NUCLEAR: UM ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO DE ENGENHARIA
NUCLEAR

Larissa Pereira de Farias

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA NUCLEARES DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR DA
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA.

Aprovada por:

Prof. Dr. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D. Sc.

Prof. Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D. Sc.

Prof. Dra. Beany Guimaraes Monteiro, D. Sc.

Prof. Dr. Antônio Carlos de Abreu Mól, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ

2019

Agradecimentos

Ao meu orientador Paulo Victor, por estar sempre de portas abertas, pelas oportunidades, atenção e apoio, pelo imenso conhecimento e por guiar meu desenvolvimento como pesquisadora e aluna;

Ao meu orientador Isaac Luquetti, por ser uma inspiração, pela oportunidade de tê-lo como orientador de iniciação científica, graduação e mestrado, pelos seus conselhos, pela sua disponibilidade e por me introduzir ao mundo da pesquisa;

Ao mestre Marcos Santana, pela disposição, apoio e inestimável ajuda no levantamento de dados essenciais para consolidar as informações deste estudo;

Aos pesquisadores e técnicos do prédio da instrumentação nuclear do IEN pela presteza e disponibilidade ao participarem de entrevistas e questionários desta pesquisa;

Agradeço aos membros da banca examinadora, pelo interesse e disponibilidade;

Aos meus pais por me acolherem e pelo carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha vida acadêmica;

Ao meu companheiro Daniel, por todo o apoio e amor, que me proporcionou estrutura para seguir meus sonhos;

Desejo exprimir os meus agradecimentos à todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que a presente dissertação se concretizasse.

“O design tende ao infinito, ou seja, a dialogar em algum nível com quase todos os outros campos do conhecimento”.

(Rafael Cardoso)

Resumo

Quando potenciais soluções se tornam complexas ou tendenciosas é essencial que uma equipe seja entrosada e se empenhe durante a avaliação e seleção dos conceitos. Nesse cenário, a seleção da melhor alternativa de ideia depende da visualização de fatores de design para que a equipe refine os aspectos que tornam o conceito de acordo com os objetivos do projeto. Sob essa perspectiva, o objetivo deste estudo relaciona a compreensão das práticas de design, assim como a análise de fatores de design que influenciam as tomadas de decisões associadas à seleção da ideia. O estudo de caso atuou sobre a análise do processo de desenvolvimento de instrumentos nucleares do setor de instrumentação nuclear do Instituto de Engenharia Nuclear, na análise dos projetos, no desenvolvimento de uma análise para a inclusão dos fatores de design na instrumentação e na aplicação de um questionário escalonado para um grupo focal a fim de verificar suas percepções sobre fatores que influenciam a seleção de conceitos. Os resultados revelaram que os projetistas ainda que prefiram soluções inovadoras, limitações se aplicam sobre suas preferências, como questões de segurança não resolvidas, prazos e custos que afetam a qualidade e continuidade de conceito, ou quando há omissão de técnicas que promovam a viabilidade técnica juntamente à inovação e a estética almejada. A visualização deste cenário se faz importante no contexto contemporâneo, no qual o processo ganha relevância tanto quanto o produto final. Por fim, o trabalho dá margem tanto para uma investigação mais ampla de técnicas aplicadas para gerar alternativas de ideias por engenheiros do setor nuclear e na aplicação de métodos quantitativos de seleção de conceito, como para uma pesquisa semelhante, em outro nível de granularidade, focando-se nos métodos e técnicas de Design.

Abstract

When potential solutions become complex or biased, the project team's involvement and commitment during the evaluation and concept selection is essential. In this scenario, the process of selecting the best alternative idea depends on the visualization of design factors in order to the team filters the aspects that drive the concept under the project objectives. From this perspective, the aim of this study relates to the understanding of design practices, and the analysis of design factors that influence decision-making associated with idea selection. A case study approach integrated the analysis of the project development process of the nuclear instrumentation sector of the IEN, the verification of its projects, the development of an analysis to include the design factors in instrumentation projects and the application of a questionnaire for a focus group to verify their perceptions about factors that influence the design concepts. The results suggest that interviewees prefer innovative solutions, but there are limitations on their preferences, such as unresolved security issues, deadlines and costs that affect quality and continuity of a concept, or when there are techniques that promote technical feasibility along with the desired innovation and aesthetics. The visualization of this scenario becomes important in the contemporary context, in which the process gains relevance as much as the final product. Therefore, the work gives scope for a broader investigation of applied techniques to generate ideas alternatives by nuclear engineers and the application of quantitative methods of concept selection, as for a similar research, in another level of granularity, focusing in design methods and techniques.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Relação entre usuários, pesquisadores e designers em um esquema sobre Design Centrado no Usuário (esquerda) e Design colaborativo (direita).	25
Figura 2 - Fatores Projetuais considerados na pesquisa	33
Figura 3 - Principais fatos da Instrumentação do IEN	45
Figura 4 - Organograma SEINS	46
Figura 5 - MIR 7028 (5A) e MRA 7027 (5B)	51
Figura 6 - Desenvolvimento de Equipamentos para Radioproteção	52
Figura 7 - Concepção do Calibrador de doses de radiofármacos	53
Figura 8 - Concepção do Sistema de Captação da Tireoide	53
Figura 9 - Fluxo do processo dos procedimentos da Instrumentação do IEN, 1990.....	57
Figura 10 - Etapas do projeto de protótipo do IEN	61
Figura 11 - Protótipo de Dosímetro baseado em diodo.....	63
Figura 12 - Etapas do licenciamento do protótipo no IEN	63
Figura 13 - Esboços do Telemedidor	69
Figura 14 - Processo criativo do Telemedidor	70
Figura 15 - Processo de seleção das ideias através de fatores do design.....	71
Figura 16 - Processo de prototipagem.....	72
Figura 17 - Detalhes do Telemedidor.....	73
Figura 18 - Monitor MMRR 7032	75
Figura 19 - Proposta de recomendação para o método de projeto utilizado.....	118

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estrutura da Pesquisa.....	17
Tabela 2 - Relação dos fatores de desenvolvimento de projeto e suas bases científicas	32
Tabela 3 - Questões para questionário: Viabilidade Técnica	34
Tabela 4 - Questões para questionário: Usabilidade	35
Tabela 5 - Questões para questionário: Eficiência.....	35
Tabela 6 - Questões para questionário: Eficácia.....	36
Tabela 7 - Questões para questionário: Analogia à conceitos existentes	36
Tabela 8 - Questões para questionário: Robustez	37
Tabela 9 - Questões para questionário: Preferências	37
Tabela 10 - Questões para questionário: Comparação de Ideias	38
Tabela 11 - Questões para questionário: Novidade	38
Tabela 12 - Questões para questionário: Estética	39
Tabela 13 - Questões para questionário: Simplicidade	39
Tabela 14 - Questões para questionário: Custo	40
Tabela 15 - Questões para questionário: Segurança	40
Tabela 16 - Questões para questionário: Prazos	41
Tabela 17 - 4 pontos da escala likert aplicada no questionário.....	42
Tabela 18 - Procedimentos Operacionais do IEN, 1990	55
Tabela 19 - Procedimentos de Qualidade, SEINS, 1990.....	56

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Total de Equipamentos desenvolvidos até 2017	49
Gráfico 2 - Comparação de Equipamentos desenvolvidos no IEN	50
Gráfico 3 - Concordância dos fatores projetuais em relação ao usuário	96
Gráfico 4 - Concordância dos fatores projetuais em relação à equipe e projeto.....	101
Gráfico 5 - Concordância dos fatores projetuais em relação ao ambiente de trabalho	106

Lista de Siglas e Abreviaturas

IEN – Instituto de Engenharia Nuclear

IPEN/MB-01 – Reator de pesquisas do Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares

IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares

CDTN – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear

DENN – Divisão de Engenharia Nuclear

SEINS – Serviço de Instrumentação

SEESC – Serviço de Engenharia de Sistemas Complexos

LABIHS – Laboratório de Interfaces Homem-Sistema

LABRV – Laboratório de Realidade Virtual

LIAA – Laboratório de Inteligência Artificial Aplicada

LABUCH – Laboratório de Usabilidade e Confiabilidade Humana

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

NRC – Nuclear Regulatory Commission

TMI – Three Mile Island

EBA – Escola de Belas Artes

GEP – Grupo de Engenharia do Produto

HCD – Design Centrado no Humano

Índice

CAPÍTULO I	13
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contexto da pesquisa	14
1.2. Problema de Pesquisa	15
1.3. Objetivos	16
1.4. Organização da Dissertação	16
CAPÍTULO II	18
2. Design e Engenharia de Fatores Humanos na Indústria Nuclear	19
2.1. Fatores Humanos e o Design	19
2.2. Multidisciplinaridade no design	21
2.3. O Design Centrado no Ser Humano	22
2.4. O design colaborativo e participativo	23
2.5. A prática de gerar ideias	26
CAPÍTULO III	28
3. Métodos	29
3.1. Análise do Processo de Desenvolvimento de Instrumentação Nuclear no IEN	29
3.2. Análise de projetos de instrumentação nuclear e a identificação de fatores de design para selecionar conceitos	30
3.3. Desenvolvimento de uma análise de seleção de conceitos e fatores de design em projetos de instrumentação nuclear	30
3.4. Avaliação participativa da proposta	41
CAPÍTULO IV	43
4. Resultados	44
4.1. A evolução dos procedimentos de projeto no Serviço de Instrumentação Nuclear do IEN	44
4.1.1. Equipamentos e projetos desenvolvidos	48
4.1.2. Método adotado até 2003	54
4.1.3. Método adotado a partir de 2003	60
4.2. O Design no projeto de instrumentação nuclear: o caso do Instituto de Engenharia Nuclear	63
4.2.1. O projeto centrado na funcionalidade do equipamento	66
4.2.2. HCD no projeto de Instrumentação Nuclear	67
4.2.3. Design participativo no projeto de Instrumentação Nuclear	67
4.3. Análise de Projetos específicos	69
4.3.1. Telemidador Dectec: uma proposta de redesign	69
4.3.2. Monitor Modular Remoto de Radiação MMRR 7032	74
4.3.3. Análise dos projetos	76

4.4. Fatores de Design e Seleção de Conceitos na instrumentação nuclear	77
4.4.1. Viabilidade Técnica.....	78
4.4.2. Usabilidade	80
4.4.3. Eficiência	82
4.4.4. Eficácia	83
4.4.5. Analogia à produtos existentes	84
4.4.6. Robustez	86
4.4.7. Preferências.....	87
4.4.8. Comparação de ideias.....	87
4.4.9. Novidade.....	89
4.4.10. Estética	90
4.4.11. Simplicidade	91
4.4.12. Custo.....	92
4.4.13. Segurança.....	93
4.4.14. Prazos	94
4.5. Dados obtidos no questionário de avaliação	95
4.5.1. Fatores projetuais em relação ao usuário.....	96
4.5.2. Fatores projetuais em relação à equipe e projeto	100
4.5.3. Fatores projetuais em relação ao ambiente de trabalho	105
CAPÍTULO V	112
5. Análise e discussão	113
5.1. Recomendações	117
CONCLUSÃO	120
Referências Bibliográficas	123
Apêndices	134
Apêndice 1: linha do tempo dos equipamentos produzidos no IEN	135
Apêndice 2: Fatores de Desenvolvimento e principais bases científicas	138
Apêndice 3: Questionário aplicado	141

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto da pesquisa

Sob um contexto histórico, o design ajusta conexões entre situações que antes eram desconexas, tratando-se de processo mais abrangente do que se imagina (CARDOSO, 2012). Sabe-se que o design vai além de soluções práticas e esteticamente agradáveis e sua aplicação tem sido moldada à medida que empresas multinacionais, startups e instituições crescem. Com isso, fatores técnicos do design se mesclam a fatores humanos de modo que ambos impactam os usuários no modo de sentir e usar o resultado de um projeto (CZARNECKI, 2016). O design é um tópico de interesse crescente em muitos campos e está no centro de muitas profissões, incluindo engenharia, ciência da computação, arquitetura, medicina, economia e biotecnologia (AMOUSSOU; CASHMAN, 2006). Nesse contexto, o design propõe uma compreensão profunda da natureza dos artefatos considerando os fatores que o condicionam o processo de significação (CARDOSO, 2012).

O design têm sido crescentemente acolhido e ensinado como um processo de equipe em engenharia (DYM; WESNER; WINNER, 2003), em parte porque os projetos desenvolvidos por equipes promovem um fluxo maior de conhecimentos (TOH; MILLER, 2016a) e até mesmo porque os resultados demonstram ser de qualidade superior àqueles projetados individualmente (GIBBS, 1995). Nesse sentido, a equipe se concentra em seus esforços na identificação de fatores que influenciam nas ideias desenvolvidas (TOH; MILLER, 2016a). As tomadas de decisões que ocorrem ao selecionar conceitos no processo de design podem ser influenciadas por tendências, consensos e avaliações pessoais discutidas pela equipe (KICHUK; WIESNER, 1997). A seleção de conceitos é um problema de tomada de decisão no processo de design porque envolve a análise e avaliação de ideias alternativas, levando à seleção ou consolidação de um ou mais conceitos para o desenvolvimento posterior (DONG et al., 2019). Embora essa seleção de conceitos seja uma etapa complexa porque envolve discussões informais em grupo, ela é pouco explorada pela literatura sobre os fatores que afetam a filtragem de ideias (TOH; MILLER, 2016a).

Práticas de design participativo corroboram para que equipes de projeto abordem técnicas e insights provindos de outras disciplinas tornando esse processo interdisciplinar (CHOI; PAK, 2006; FAWCETT, 2013). Equipes que integram diferentes especialistas, como também usuários, promovem a reflexão e aprendizagem oferecendo aos envolvidos experiências nas

atividades de desenvolvimento de projeto (BRATTETEIG; WAGNER, 2016). Ainda assim, potenciais soluções podem se tornar complexas, exigindo que a comunicação entre os membros sejam fundamentais na concepção e avaliação dos conceitos do projeto. Quando ideias não se complementam, especulações são reunidas pela equipe para selecionar aquilo que será desenvolvido nas etapas posteriores. Esse processo de selecionar conceitos depende da visualização de fatores de design para render numa boa solução, permitindo que a equipe peneire aspectos da ideia para determinar aquela que melhor satisfaz aos objetivos propostos.

1.2. Problema de Pesquisa

Reitera-se que a seleção de conceito é um dos estágios no desenvolvimento de um projeto no qual o conceito proposto é avaliado para selecionar o melhor conceito que melhor atenda aos critérios de tomada de decisão (YAZDANKHAH; FATHALIPOURBONAB, 2014). Essa etapa é capaz de ser um processo crítico para o sucesso do desenvolvimento de novos produtos (TIWARI; JAIN; TANDON, 2017) devido à sua influência nas fases subsequentes em relação ao custo, qualidade e desempenho do produto final (YAZDANKHAH; FATHALIPOURBONAB, 2014). O processo até chegar numa alternativa de solução é influenciado por dados subjetivos e informações imprecisas com base no julgamento de especialistas (ROSENMAN, 1993). Além disso, a omissão de fatores de design pode levar a um aumento nas modificações do projeto, o que adiciona tempo e custo de desenvolvimento do produto (ZHU et al., 2015).

De acordo com estudiosos, fatores relacionados a cultura organizacional do projeto, habilidades individuais, diversidade de grupo e recursos podem influenciar consideravelmente o desempenho de uma equipe (AGRELL; GUSTAFSON, 1996; WOODMAN; SAWYER; GRIFFIN, 1993). Quando uma equipe não visualiza ou define os fatores que corroboram para a seleção de conceitos o projeto tende a oferecer um resultado negativo, além de comprometer tempo e custo. Um exemplo pode ser notado quando uma equipe de engenheiros tende a selecionar soluções convencionais ou anteriormente bem-sucedidas durante o processo de seleção de conceitos devido ao risco inerente associado àquilo que é novo (TOH; MILLER, 2016b), nesse caso a tomada de decisão é influenciada pelos fatores de viabilidade técnica e novidade.

À vista dos fatos expostos, o problema em destaque desta pesquisa é o desnorreamento da equipe de projeto no processo de desenvolvimento da instrumentação nuclear sobre a seleção de conceitos e fatores de design no contexto histórico do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN).

1.3. Objetivos

Por meio da visualidade, o design é capaz de sugerir atitudes, estimular comportamentos e equacionar problemas complexos (CARDOSO, 2012). Nesse âmbito, essa pesquisa visa compreender as práticas de design sobre a interação da equipe com usuários e analisar os fatores de design que influenciam a tomada de decisão quando o conceito é selecionado durante o desenvolvimento do projeto.

Resumidamente, define-se como:

Objetivo Geral: Compreensão das práticas de design exercidas em equipe e análise dos fatores de design que influenciam as tomadas de decisões em projetos da instrumentação nuclear sob o contexto histórico do Instituto de Engenharia Nuclear.

Objetivos Específicos:

- Compreender quais são as práticas de design participativo desempenhadas pelas equipes de projeto do setor da instrumentação;
- Relatar os fatores de design a partir da consulta na literatura e verificar como eles são absorvidos pela equipe a partir de um questionário;

Apontar possíveis orientações de design a partir das descobertas sobre o desempenho da equipe nos projetos do setor de instrumentação do IEN.

1.4. Organização da Dissertação

A tabela a seguir (Tabela 1) orienta a estrutura da pesquisa contendo o conteúdo e objetivo de cada capítulo dessa dissertação:

Tabela 1 - Estrutura da Pesquisa

Capítulo	Objetivo	Conteúdo
1. Introdução	A introdução desta dissertação apresenta a contextualização, problematização, objetivos e a estrutura geral da pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Contextualização; • Problema de pesquisa; • Objetivos; • Estrutura da pesquisa.
2. Práticas de Design e Fatores Humanos	Conceitos da literatura sobre a relação do usuário com o desenvolvimento de equipamentos nucleares. Os assuntos abordados compreendem o design nas situações encontradas durante a coleta de dados do ambiente de pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Fatores humanos e o design; • Multidisciplinaridade com designers; • Projeto centrado na funcionalidade; • Design centrado no Ser Humano; • Design Colaborativo e Participativo; • A prática de gerar ideias;
3. Métodos	Método observacional da pesquisa: esclarece a estruturação da pesquisa como a apresentação do ambiente de trabalho e evidencia como os dados foram obtidos e analisados.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise Global do estudo de caso; • Breve análise dos fatores; • Ferramentas de investigação;
4. Resultados	Apresenta os resultados gerais os interpreta; Demonstra como os resultados estão relacionados ao problema da pesquisa;	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico do ambiente de trabalho; • Métodos adotados pelo setor; • Análise de equipamentos e projetos; • Análise da seleção de conceitos e fatores de design no projeto de instrumentação; • Aplicação de questionário
5. Análise e Discussão	Evidencia os resultados e discute suas implicações; Explicita partes envolvidas e limitações de viés.	<ul style="list-style-type: none"> • Correlaciona os resultados obtidos com a literatura abordada; • Implicações dos resultados.
6. Conclusão	Aborda um resumo da estrutura da pesquisa e dos argumentos. Sintetiza as principais aprendizagens da pesquisa; Reflete sobre as limitações do estudo e as direções futuras da pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Resumo das conclusões da pesquisa; • Principais implicações para o estado da arte; • Limitações e orientações futuras.
Referências	Literatura consultada.	
Anexos/Apêndices	Artefatos que auxiliaram na investigação e análise de partes da pesquisa.	

Fonte: Elaborada pela autora

CAPÍTULO II

2. Design e Engenharia de Fatores Humanos na Indústria Nuclear

2.1. Fatores Humanos e o Design

Após o acidente de Three Mile Island um consenso mundial foi adotado pela indústria nuclear em que princípios e requisitos de fatores humanos deveriam ser incorporados no processo de engenharia dessa área nos projetos de usinas nucleares, em especial nos aspectos ligados aos sistemas de instrumentação e controle, de modo a minimizar a possibilidade de “erro humano” na operação dessas usinas (HUGO; KOVESDI; JOE, 2018). A inserção de fatores humanos na área nuclear se inicia após o acidente de TMI a partir de críticas a abordagem da segurança centrada na tecnologia que não permitiu uma descrição adequada daquele acidente (PERROW, 1984). A *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) incluiu no processo de licenciamento de usinas nucleares Programa de Engenharia de Fatores humanos (NUREG 0711, 2012). O objetivo fundamental deste programa é garantir que atividades realizadas pelos operadores e pessoal ligado a operação de usinas nucleares sejam realizadas com eficiência e os erros sejam minimizados (FARIAS et al., 2017) As diretrizes como a NUREG 0700 e NUREG 0711 (Diretrizes de Revisão do Projeto de Sistemas Humanos e Modelo de Revisão do Programa de Engenharia de Fatores Humanos) foram acondicionadas nesse contexto como apoio à segurança das instalações e na integridade dos usuários de modo que aspectos técnicos e humanos dos sistemas fossem considerados ao longo do ciclo de projetos dos reatores (SANTOS et al., 2013).

A integração dos requisitos da Engenharia de Fatores Humanos (HFE) é tão fundamental nas centrais nucleares quanto em qualquer outra especialidade, como também pode ser considerado em todas as fases de um projeto (HUGO; KOVESDI; JOE, 2018). Mas é notório que a abordagem de fatores humanos é dominante na aplicação dos requisitos na modernização de salas de controle e no projeto de interfaces de centrais nucleares, visto que após o acidente de TMI houve uma prudência significativa para os detalhes concernentes às capacidades e limitações humanas no processo de trabalho, fazendo com que fossem implantados programas de HFE na construção de novas usinas e revisão dos aspectos da engenharia de fatores humanos nas usinas existentes. Embora seja cada vez mais reconhecido nas indústrias que o humano deve ser considerado como parte do desenvolvimento de um sistema, não é tão prontamente reconhecido que os fatores humanos variam amplamente na modificação de um projeto (BORING et al., 2015).

Nos projetos de instalações nucleares, o objetivo da HFE é garantir que os fatores humanos sejam integrados do desenvolvimento e na avaliação de salas de controle assegurando os meios necessários para que os operadores realizem suas tarefas com segurança (SANTOS et al., 2013). Nesse meio, o design da sala de controle e as interfaces utilizadas pelos usuários devem ser

consistentes para permitir o bom desempenho do humano, de modo que o erro seja minimizado (FARIAS et al., 2017). De um modo geral, a HFE aplica conhecimentos sobre as capacidades humanas e limitações ao projeto, sistemas e equipamentos para garantir que a planta, o projeto do sistema, as tarefas e ambiente dos usuários sejam compatíveis com o sensorial e cognitivo do pessoal e atinja uma operação satisfatória NUREG 0711 (2012).

O design e os fatores humanos podem estar intimamente conectados porque ambas as abordagens procuram enfatizar as necessidades e habilidades dos usuários, buscando aprimorar o projeto (FARIAS et al., 2017). A inserção de fatores humanos busca que atividades realizadas pelos usuários sejam realizadas com eficiência e os erros sejam minimizados (FARIAS et al., 2009). O design, por sua vez, aborda técnicas e métodos para que o projeto enfatize as necessidades dos usuários, considere este como o centro do processo de desenvolvimento e atinja sistemas utilizáveis (RUBIN; CHISNELL, 2008). O projeto de salas de controle de reatores nucleares, considerado como um sistema complexo, pondera o usuário e o sistema em todas as fases do processo de desenvolvimento com a abordagem do programa de HFE e uma estrutura de design centrado no usuário (CARVALHO et al., 2008).

Segundo Nemeth (2004), os métodos de fatores humanos e design são usados paralelamente durante o processo de desenvolvimento. Os métodos de fatores humanos definem os problemas, coletando requisitos de produtos, padrões e diretrizes e isso forma a base de um resumo de design. O design considera conceitos estéticos, simbólicos e cognitivos, utiliza ferramentas que promovem a representatividade visual do design e contempla os requisitos ergonômicos, para que o design final seja eficiente e eficaz (FARIAS et al., 2017). Nesse processo, especialistas em fatores humanos fornecem informações sobre limites e capacidades humanas para que os designers desenvolvam conceitos (NEMETH, 2004).

Os métodos de fatores humanos visam embasar novos conhecimentos através de análises, assim como determinar a usabilidade do projeto através de avaliações. Os métodos de design geram as ideias e as transformam em forma física (MEISTER, 1999). Sem a aplicação de métodos de fatores humanos, o projeto pode atingir resultados abaixo do ideal ou não ter rigor. Enquanto que sem a abordagem dos métodos de design, os conceitos gerados tendem a ser vagos e sutis em relação ao que já existe (NEMETH, 2004). Nessa conjuntura, tanto os fatores humanos quanto a prática de design se esforçam para criar soluções que beneficiam aqueles que usam produtos, serviços e ambientes.

Logo, o design e fatores humanos atuam como mediadores nas práticas que incorporam metodologias e tecnologias, podendo valorizar a diversidade e a promoção da equipe envolvida. Pode-se observar, ainda, que essas duas áreas fomentam discussões interdisciplinares e promovem projetos em que as ideias refletem os anseios e a satisfação das partes interessadas.

2.2. Multidisciplinaridade no design

Segundo Petre (2004), a multidisciplinaridade de uma equipe é apoiada por técnicas reflexivas que favorece a comunicação, a transferência e discernimento do conhecimento, além das variadas especialidades dos profissionais. Segundo Bowen et al, (2016), ao realizar um estudo de caso sobre a prática criativa dos designers com a colaboração de usuários acadêmico-industriais, foi observado que a prática criativa do designer permite que projetos colaborativos construam e transcendam a experiência e as expectativas dos participantes porque o designer atua como um agente facilitador para uma participação produtiva na equipe de projeto.

Uma equipe multidisciplinar é essencial para uma instituição porque reúne diferentes fontes de informação, representações, perspectivas e princípios fundamentais (MONTEIRO et al., 2013). A multidisciplinaridade está relacionada ao conhecimento extraído de diversas disciplinas, entretanto, as práticas e métodos de projeto e pesquisa permanecem dentro dos limites particulares de cada disciplina (FAWCETT, 2013). A abordagem multidisciplinar adiciona práticas de diferentes disciplinas, em que os membros da equipe consultam uns aos outros e contribuem com suas perspectivas específicas para um interesse comum (CHOI; PAK, 2006; FUQUA, 2011). Ainda que empresas ou instituições estejam acometidas pelo cenário econômico e político do país, o que conseqüentemente pode afetar o desempenho dos profissionais, projetos e pesquisas, o trabalho com equipes multidisciplinares está sendo cada vez mais adotado em projetos, visto que variadas experiências e formas de pensar concedem que o problema de design em questão seja abordado sob diferentes pontos de vista (SCARIOT; HEEMANN; PADOVANI, 2012). Dessa maneira, a abordagem multidisciplinar tende a detalhar o problema, concede espaço para as ideias entre os profissionais, podendo surgir, ainda, soluções criativas e inovadoras.

Nota-se que a multidisciplinaridade está atrelada às práticas do design colaborativo e participativo. O propósito de um projeto colaborativo é integrar diferentes especialidades profissionais, destacando as habilidades, ideias, recursos e responsabilidades no processo. (SCARIOT; HEEMANN; PADOVANI, 2012). Portanto, o projeto desenvolvido com abordagem multidisciplinar está vinculado às práticas de design participativo-colaborativo e, ainda, nesse universo, a multidisciplinaridade também abrange o design centrado no usuário (MAO et al., 2005) e a experiência do usuário (MAGUIRE, 2001).

2.3. O Design Centrado no Ser Humano

O Design Centrado no Ser Humano (HCD) envolve a aplicação de fatores humanos, ergonomia e heurística de usabilidade ao processo de design do sistema, sendo dessa forma, uma orientação para um projeto (WATSON et al., 2017). Segundo Giacomini (2014), o HCD tem suas raízes oriundas da inteligência artificial, ergonomia e ciência da computação e essas abrangências podem ser notadas em padrões internacionais como a ISO 9241-210: Ergonomia da interação humano-sistema: Design Centrado no ser Humano - para sistemas interativos. O padrão ISO 9241-210 compreende características como a adoção de perspectivas multidisciplinares; o entendimento explícito dos usuários, suas atividades e ambientes; a avaliação, experiência e envolvimento dos usuários; e o processo iterativo.

O estudo psicológico de seres humanos sob uma base científica direcionada a projeto de máquinas evoluiu para se adaptar na interação, perspectivas e experiências com o mundo (MEISTER, 1999). Na prática de design, além da ergonomia e dos fatores humanos, Maguire (2001) aponta durante esse processo inicial de considerar o ser humano nos projetos, houve uma necessidade de identificar os *stakeholders* e os contextos de uso aplicáveis no processo criativo, enquanto que o desenvolvimento de técnicas de projetos facilitou a classificação e descrição das interações das pessoas e seus ambientes (CARROLL, 2000). Houve, também, uma tendência do envolvimento emocional durante o processo de design que levou ao distanciamento entre prática de design da abordagem de engenharia de sistemas (GIACOMINI, 2014).

Nos dias de hoje, o HCD aborda técnicas que interagem e estimulam as pessoas envolvidas com a finalidade de obter uma compreensão de suas necessidades, desejos e experiências oriundas de suas próprias percepções (GIACOMINI, 2014). Nesse contexto, é importante que os usuários tenham noção do contexto no qual estão inseridos porque poderá haver maior aceitação e comprometimento com o novo projeto. (MAGUIRE, 2001). Essa característica de envolvimento do usuário também aprimora a compreensão dos requisitos, das tarefas e das avaliações que ocorrem durante o processo, abordando, dessa forma, a multidisciplinaridade do projeto (MAO et al., 2005).

Segundo Maguire (2001), para tornar um sistema utilizável tendo a abordagem HCD como um complemento aos métodos de desenvolvimento, os princípios chave são:

- Envolvimento dos usuários e a compreensão clara dos requisitos de usuários e tarefas, em que a compreensão do contexto estará mais clara para o usuário e o projetista;
- Alocação de funções, no qual as tarefas são determinadas de acordo com as capacidades humanas, limitações e sua compreensão;
- Iteração das soluções de design onde é considerado o feedback dos usuários finais após as primeiras soluções a fim de que o projeto seja aprimorado;
- Equipes multidisciplinares, visto que o projeto centrado no usuário é um processo colaborativo que se beneficia do envolvimento de várias partes, cada uma com conhecimentos para compartilhar.

Tendo em vista que o HCD é um método que prioriza as necessidades dos usuários, ele não busca resultados predefinidos, mas acolhe as ambiguidades com o propósito de criar direções para a inovação do projeto (VECHAKUL; SHRIMALI; SANDHU, 2015). Nessa conjuntura, o HCD pode ser estruturado em três fases: a compreensão para entender o problema; a ideação para gerar e desenvolver as ideias; e a implementação que prototipa e refina o projeto (TIM BROWN; JOCELYN WYATT, 2010). Dessa maneira, o HCD visa ser diferenciado das práticas de design tradicionais porque o foco dos insights e soluções está nas pessoas a quem o produto ou sistema se destina, e não no processo criativo do designer (GIACOMIN, 2014).

O HCD tem um aspecto de colaboração interdisciplinar, com foco nas necessidades humanas e possibilidades tecnológicas e nesse processo designers e pesquisadores atuam em equipes com outras partes interessadas e com usuários finais para criar intervenções (LI et al., 2018). Ainda que haja uma característica de prática de design colaborativo ou participativo, o HCD se difere porque os usuários integrantes no processo atuam passivamente no projeto (SANDERS; STAPPERS, 2008) através de entrevistas e feedbacks (MAGUIRE, 2001) e não interferem nas ferramentas de design ou da pesquisa.

Para esclarecer as peculiaridades de participação em um projeto, o tópico a seguir fundamenta os conceitos sobre as diferentes práticas de design que abordam a presença de várias partes interessadas em um processo de desenvolvimento.

2.4. O design colaborativo e participativo

De acordo com a Orientação Ética da Escola de Tecnologia da Universidade de Cambridge o design colaborativo e design participativo, embora sejam termos semelhantes, possuem práticas um pouco distintas:

O design colaborativo visa maiores contribuições para projeto ou pesquisa. Essa prática envolve a criação e observação de novos processos de design além do convencional. Especialistas distintos e colaboradores externos fazem parte de uma equipe. O design participativo visa envolver usuários finais no desenvolvimento e sua pesquisa ou projeto abordam técnicas convencionais de pesquisa organizacional aos usuários. (Collaborative and Participatory Design — School of Technology, University of Cambridge. Disponível em: <www.tech.cam.ac.uk/Ethics_guidance/Collaborative-and-Participatory-Design>. Acesso em: 10 jun. 2018).

Embora o co-design tenha surgido recentemente (SANDERS; STAPPERS, 2008; SCARIOT; HEEMANN; PADOVANI, 2012), o design participativo existe a cerca de 40 anos. Este último, se originou por meio de movimentos sociais e políticos entre 1960 e 1970, onde pesquisadores, designers e arquitetos responderam a tomadas de decisões em ações coletivas para relacionar valores compartilhados em suas práticas (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). O movimento tomou força na Escandinávia em resposta a trabalhos que utilizavam computadores e com isso veio a percepção de fornecer melhores ferramentas aos usuários para realizarem suas atividades de modo que suas habilidades se aprimorassem (GREGORY, 2003).

O design participativo abrange uma ampla variedade de métodos e técnicas que inclui o usuário e partes interessadas no processo do design, de modo que a participação seja garantida mesmo que a relação seja complexa (ANDERSEN et al., 2015). No design, a participação pode ser entendida como uma intervenção ativa do usuário no desenvolvimento de projetos, favorecendo, posteriormente, a melhoria dos produtos e resultados pelos usuários (SCARIOT; HEEMANN; PADOVANI, 2012). Nessa perspectiva, o design participativo tem como características a contextualização, a colaboração em vários níveis e a interação com usuário (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

O design participativo amadureceu na pesquisa e na prática de design ao longo dos anos. (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). Suas ferramentas, *insights* e técnicas podem fazer parte de outras disciplinas tornando essa abordagem interdisciplinar (CHOI; PAK, 2006; FAWCETT, 2013). Os métodos do design participativo podem oferecer variadas maneiras de engajamento em um projeto que favorecem usuários externos (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). Além disso, essa abordagem promove a reflexão e aprendizagem, oferecendo aos participantes experiências nas atividades de desenvolvimento de projeto (BRATTETEIG; WAGNER, 2016).

Por outro lado, a colaboração pode ser entendida como a união ativa de diversos atores durante o processo criativo (PRATSCHKE et al., 2015). O design colaborativo, além de compreender integração de diferentes habilidades, ideias, recursos e responsabilidades, também inclui a participação de não-designers (SCARIOT; HEEMANN; PADOVANI, 2012). O co-design é oriundo do design centrado no usuário, mas com enfoque de co-criação, em que designers trabalham em conjunto com não-designers no processo criativo (TAFTE, 2015). Além disso, a colaboração científica desempenha um papel crítico nos especialistas individuais porque essa prática pode desenvolver seus conhecimentos, habilidades e recursos científicos, técnicos e sociais (BOZEMAN; CORLEY, 2004). Portanto, o co-design compreende a participação perspicaz dos colaboradores, entre eles especialistas e usuários finais especificamente nas complexidades do processo criativo.

Ainda nesse universo, Sanders e Stappers (2008) sugerem que o design centrado no ser humano aborda o usuário como o propósito do projeto e o design participativo considera o usuário como parceiro. No co-design, a participação é mais específica porque o pesquisador/projetista apoia o usuário fornecendo ferramentas para ideação e expressão (VISSER et al., 2005). Em ambas abordagens as funções são concedidas aos que participam do projeto, explorando sua expertise e experiências. Embora as práticas do design sejam complexas, nota-se que o design participativo envolve projetar com o usuário como colaboradores internos e ativos em cada etapa do desenvolvimento do projeto. No co-design os profissionais projetam com o usuário, entretanto eles são considerados co-criadores no processo criativo do projeto. No design centrado no usuário, os especialistas projetam para o usuário, e este é um agente passivo no processo de desenvolvimento (Figura 1).

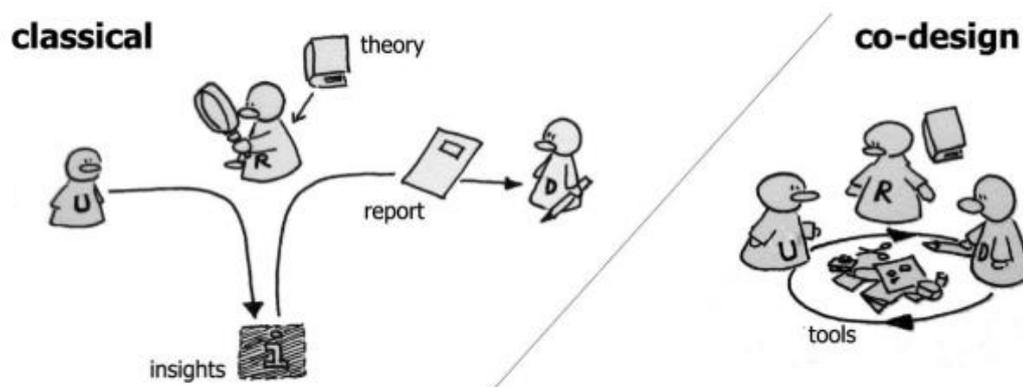


Figura 1 - Relação entre usuários, pesquisadores e designers em um esquema sobre Design Centrado no Usuário (esquerda) e Design colaborativo (direita).

Fonte: Sanders & Stappers, *Co-creation and the new landscapes of design*, 2008.

No projeto de instrumentação nuclear, projetistas buscam fundamentos do design centrado no usuário e usam técnicas como observações e entrevistas com usuários passivos a fim de ter um feedback para aprimorar o projeto (por exemplo: FARIAS et al., 2017, 2009; MONTEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2011, 2013, 2015). Embora essas pesquisas abordem o design centrado no usuário, elas exploram requisitos de fatores humanos e ergonomia participativa para compreender o comportamento humano durante suas atividades numa planta industrial. Esses requisitos de fatores humanos e ergonomia participativa parecem estar conectados com o design participativo e design centrado no usuário porque buscam características sobre os usuários através de experimentos a fim de considerar esses dados no desenvolvimento do projeto (FARIAS et al., 2017).

Portanto, a prática de incorporar um número de usuários representativos numa equipe de projeto poderá ter uma abordagem participativa, colaborativa ou centrada no próprio usuário e estes podem trazer conhecimentos atuais sobre a prática real para o desenvolvimento de um novo conceito. Ainda assim, se a permanência do usuário na equipe de desenvolvimento for prolongada, esse processo poderá aprimorar seu desempenho, bem como seu ponto de vista sobre o projeto.

2.5. A prática de gerar ideias

Estudiosos sugerem que a geração de ideias estimula a visão sobre o processo criativo (GRAY et al., 2015; STOMPFF; SMULDERS; HENZE, 2016) expandindo a cognição no processo de desenvolvimento do projeto e atingindo possíveis soluções. Quando os *stakeholders* estão engajados no processo de design, a relação entre o problema e as potenciais soluções podem se tornar complexas, exigindo que a comunicação entre os membros sejam fundamentais na concepção do projeto (GRAY et al., 2015). Essa situação pode ser notado um desenvolvimento de equipamentos da instrumentação nuclear quando diferentes especialistas se reúnem para solucionar as complexidades de sistema ou produto. Quando a instituição busca inovação na concepção de novos produtos essa prática está relacionada ao sucesso na geração de ideias, bem como a multidisciplinaridade nas soluções e ideação de grupo (YILMAZ et al., 2011).

Alguns pesquisadores, como por exemplo, Gray et al. (2015), Toh e Miller (2015) e Yilmaz et al. (2011), destacaram em seus estudos que as práticas que identificam as variáveis concernentes a seleção das ideias geradas são moderadamente exploradas. Mesmo que um

grupo possa abordar variadas práticas para promover ideações de projeto (CHRYSIKOU; WEISBERG, 2005) esse processo não é claro no projeto de instrumentação nuclear.

Como a instrumentação nuclear se trata de um ambiente voltado para o desenvolvimento de equipamentos e sistemas para a medicina nuclear, radioproteção, instrumentação nuclear e de reatores, o senso de criatividade talvez não seja um fator relevante a ser considerado porque os produtos são robustos e têm longa vida útil ou pelo fato de existir funções similares entre os equipamentos, como manter a integridade do ser humano, fazer medições e outros. As etapas do processo de design procuram enfatizar as necessidades e habilidades dos usuários e melhorar a usabilidade do que é projetado, integrando ainda o usuário como um participante do projeto (FARIAS et al., 2017). No entanto, a prática e o pensamento criativo tendem a ser moderadamente explorados dentro do processo complexo de análise que envolve variados *stakeholders* e essa prática pode ser considerada um processo de design colaborativo (BOWEN et al., 2016).

O processo de ideação é o passo em que mais se pensa, podendo prever possibilidades, especulações, estratégias sobre como alcançar os objetivos descritos na definição do problema. Por mais que as ideias não se completem, as especulações reúnem fragmentos sobre o que pode funcionar (NEMETH, 2004). Nesse contexto, uma ideia pode gerar outra, os projetistas podem considerar novos insights e explorar suas ideias até que elas sejam selecionadas. Essa seleção decide quais das especulações serão desenvolvidas adiante, como também auxilia na definição do problema, uma vez que a comparação de ideias pode melhorar o entendimento do objetivo (KING; SIVALOGANATHAN, 1999). A compreensão sobre o processo de seleção de ideias depende de objetivos e critérios claramente definidos e permite que a equipe peneire todas as especulações da solução para determinar aquela que melhor satisfaz aos seus requisitos (NEMETH, 2004). Para compreender o contexto sobre selecionar conceitos o capítulo a seguir aponta fundamentos sobre alguns fatores existentes no processo de desenvolver um projeto.

CAPÍTULO III

3. Métodos

Esta pesquisa se baseou em Estudo de Caso (DRESCH et al., 2013), ou seja, a pesquisa investigou em profundidade os conceitos existentes sobre práticas e fatores de design em um ambiente de projetos, o setor de projetos de instrumentação nuclear do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear. O Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), instituto de pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear, foi durante os anos 80 e 90 um dos principais desenvolvedores e fabricantes de equipamentos para instrumentação no Brasil e atualmente continua desenvolvendo projetos de instrumentação nuclear, embora não fabrique mais os instrumentos desenvolvidos. O estudo fornece uma análise ampla de conceitos sobre fatores design ao selecionar ideias e verifica percepções por meio das respostas de projetistas do ambiente da pesquisa. O procedimento usado durante o estudo de caso procurou seguir as quatro fases do processo iterativo da “action research” (ÁLVAREZ, 1993) que é a descoberta dos fatos para entender o problema de pesquisa, o planejamento de ações, a implementação das ações e o desenvolvimento de soluções, e a avaliação e reflexão sobre os eventuais impactos da solução proposta. Assim, esta pesquisa envolveu as seguintes fases:

- Análise do processo de desenvolvimento dos projetos;
- Análise de projetos da instrumentação nuclear do SEINS;
- Desenvolvimento de uma análise para a inclusão da seleção de conceitos e dos fatores em projetos de instrumentação nuclear;
- Avaliação participativa da proposta;
- Análise e discussão dos resultados.

3.1. Análise do Processo de Desenvolvimento da Instrumentação Nuclear no IEN

Para compreender o contexto no qual os projetistas do setor da instrumentação do IEN estão inseridos e os fatores que os influenciam na tomada de decisão em relação a seleção de ideias dos projetos, fez-se, primeiramente, uma análise global de estudo de caso. Isso incluiu uma busca histórica onde foi observado os principais acontecimentos. Nesse cenário, abordagens e características dos projetos foram identificadas para entender sobre evolução da metodologia, sendo possível notar que, ao longo dos anos, o setor de projeto incorporou questões de solicitude aos usuários, como integrar a engenharia de fatores humanos e abordagens de design participativo.

Foi possível observar que não é uma prática usual o setor de projetos da instrumentação gerar mais de uma opção de ideia, conforme verificado em entrevistas com os especialistas. A omissão de fatores de design pode levar a um aumento nas modificações do projeto e gerar retrabalho, estendendo à revisão ou à nova fase de geração. Nesse cenário, há uma complexidade ao selecionar conceitos porque os projetistas não estão habituados a constatar fatores de design que auxiliam na tomada de decisão da solução. Sendo um estudo de caráter qualitativo, essa pesquisa busca compreender, adquirir insights e construir explicações sobre fatores que influenciam a escolha de ideias geradas dos projetos. Se um conceito é selecionado de acordo com seu desempenho na avaliação incorporando, por exemplo os guias de fatores humanos e outros requisitos de design, a fase de projeto conceitual é concluída e a equipe de projeto pode continuar com design detalhado.

3.2. Análise de projetos de instrumentação nuclear e a identificação de fatores de design para selecionar conceitos

Para entender melhor como as ideias são influenciadas por uma série de fatores concebidos pelo design, fez-se uma análise profunda de dois projetos: Telemetedor Dectec, uma proposta de redesign e o projeto do Monitor MMRR 7032, como também um questionário foi aplicado aos profissionais para verificar a compreensão deles sobre os fatores de design. A análise do Projeto do Redesign de um Telemetedor e o Projeto de um Monitor Modular de Radiação passaram por processos de concepção e a abordagem de design participativo incluiu fatores determinantes para se chegar aos resultados esperados. Sabe-se, que projetos de equipamentos nucleares consideram assiduamente fatores de usabilidade (MONTEIRO et al., 2013) e, por tanto, acredita-se que os projetistas consideram importante a aplicação de requisitos que atendem aos anseios de usuário e que, conseqüentemente, podem vir a influenciar na seleção das ideias de projeto.

3.3. Desenvolvimento de uma análise de seleção de conceitos e fatores de design em projetos de instrumentação nuclear

Ao verificar os projetos realizados no setor da instrumentação do IEN (por exemplo: CARVALHO; SANTOS; VIDAL, 2008; FARIAS et al., 2017, 2009; MONTEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2011, 2013), foi possível observar que por mais que as ideias fossem desenvolvidas por equipes de diferentes especialistas e alguns com a participação de usuários, o processo de desenvolvimento dos projetos de instrumentação não esclarece ou detalha os

fatores envolvidos no processo até atingir a solução. Ainda nesse cenário, não é claro se durante a etapa de desenvolver conceitos há a elaboração de mais de uma ideia, ou seja, se há a elaboração de ideias alternativas até chegar em uma solução de projeto.

Dado que as práticas de design como o HCD, design participativo e colaborativo estão presentes no processo de desenvolvimento de projetos do SEINS, mesmo que não estejam claramente demonstradas, essas abordagens estão relacionadas com a geração de ideias (SANDERS; STAPPERS, 2008). Ao analisar os projetos de equipamentos desenvolvidos, as práticas de tomada de decisão diante de uma ideia parecem ser informais. Ainda que um projeto seja desenvolvido com a participação de diversos especialistas e usuários, não foi verificado se durante o desenvolvimento foi gerado mais de um conceito ou como as ideias são validadas, ou seja, não há dados sobre como ocorre o processo de tomada de decisão da equipe durante a seleção de conceitos para suas propostas de protótipo.

Para um projetista individual a elaboração de esboços influencia na reflexão individual, mas para equipes é necessário que eles desenvolvam representações que facilitem a reflexão multidisciplinar (STOMPFF; SMULDERS; HENZE, 2016). Os padrões de comunicação, como as negociações e o desenvolvimento dos pensamentos dentre os membros de uma equipe de projeto são considerados como ferramentas na tomada de decisão do processo colaborativo (SONNENWALD, 1996). Segundo Toh e Miller (2015), estudos mostram que os processos de tomadas de decisão são relevantes nas práticas de seleção de conceitos, no entanto é problemática a ausência de pesquisas que mostrem dados que poderiam influenciar na implementação de métodos de seleção de conceitos (TOH; MIELE; MILLER, 2015).

Para analisar a tomada de decisão diante dos fatores de projeto um questionário escalonado foi aplicado para observar as prioridades individuais nas decisões dos projetistas. O propósito é verificar como os projetistas da equipe de instrumentação incorporam os variados fatores diante de seus projetos que abordam o design participativo, colaborativo ou o design centrado no ser humano, ainda que não explícito para eles. As afirmações do questionário se direcionam para o projeto desenvolvido para o usuário, para as características da equipe e para influências do ambiente de trabalho que interferem nas ideações.

Os fatores de design relatados nessa pesquisa foram analisados e associados a partir de estudos sobre o processo de seleção de conceitos e tomadas de decisões acerca da geração de ideias que ocorrem no desenvolvimento de um projeto. Estudos sobre o processo de seleção de conceitos (como por exemplo: CHAN et al., 2018; OKUDAN; TAUHID, 2008; TIWARI;

JAIN; TANDON, 2017; TOH; MIELE; MILLER, 2015; YAZDANKHAH; FATHALIPOURBONAB, 2014; YILMAZ et al., 2016) geralmente analisam as tomadas de decisões em equipes de engenheiros ou designers. Para fundamentar cientificamente os fatores existentes no processo de desenvolver ideias e que, conseqüentemente, influenciam as tomadas de decisões nas soluções de projeto, a tabela a seguir (Tabela 2) relaciona alguns trabalhos e pesquisas científicas que consideram os fatores projetuais como influências relevantes no processo de desenvolvimento. A Tabela 2 pode ser analisada à fundo no Apêndice 2.

Tabela 2 - Relação dos fatores de desenvolvimento de projeto e suas bases científicas

Fatores	Propósito	Base Científica
1) Viabilidade técnica	Relacionado à funcionalidade, eficácia de um conceito para satisfazer o objetivo e manutenção do projeto;	Toh & Miller, <i>How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity</i> , 2015.
2) Usabilidade	É a condição de um produto, sistema ou serviço ser adequado para uso humano.	Nemeth, <i>Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered</i> , 2004.
3) Eficiência	Verificar o desempenho do usuário durante uma execução da tarefa.	Bastien & Scapin, <i>Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces</i> , 1993.
4) Eficácia	Validar se o usuário consegue executar determinada tarefa.	Al-Maskari, A.; Sanderson, M., <i>A review of factors influencing user satisfaction in information retrieval</i> , 2010.
5) Analogia à conceitos existentes	Facilitação na tomada de decisão da equipe e compreensão profunda dos elementos.	Christensen; Ball, <i>Creative analogy use in a heterogeneous design team</i> , 2016.
6) Robustez	Característica vigorosa com a expectativa de segurança na interação, durabilidade e resistência do produto.	Razzaghi, Ramirez & Zehner, <i>Cultural patterns in product design ideas: comparisons between Australian and Iranian student concepts</i> , 2009.
7) Preferências	Relacionado aos valores intrínsecos do projetista e o que deve ser levado em conta em qualquer solução.	Nikander, Liikkanen e Laakso, <i>The preference effect in design concept evaluation</i> , 2014.
8) Comparação de ideias	Consenso entre as ideias usuais e esperadas no processo de gerar soluções.	Toh; Miller, <i>How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity</i> , 2015.
9) Novidade	Ideia incomum e inesperada em relação à outras ideias.	Harhoff; Henkel; Von Hippel, <i>Profiting from voluntary information spillovers: How users benefit by freely revealing their innovations</i> , 2003.
10) Estética	Agrega sentido de atratividade. Interesse na aparência e sensação.	Venkatesh et al., <i>Design orientation: A grounded theory analysis of design thinking and action</i> , 2012.
11) Simplicidade	Facilitar a experiência do usuário	Eytam; Tractinsky; Lowengart, <i>The paradox of simplicity: Effects of role on the preference and choice of product visual simplicity level</i> , 2017.
12) Custo	Avalia-se os custos e benefícios dos fatores, pessoas e matérias envolvidos.	Chammas; Quaresma; Mont'Alvão, <i>A Closer Look on the User Centered Design</i> , 2015
13) Segurança	Considera a proteção dos seres humanos contra as conseqüências de seus próprios erros ou falha de máquina e material.	Nemeth, <i>Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered</i> , 2004.
14) Prazos	Alocação do tempo de projeto e suas possíveis mudanças.	PEETERS et al., <i>The development of a design behaviour questionnaire for multidisciplinary teams</i> , 2007.

Fonte: Elaborada pela Autora

Pôde-se observar que os fatores listados na tabela 2 estão inseridos em três contextos no desenvolvimento de soluções de um projeto, podendo ter influências em relação à equipe de especialistas, em relação ao usuário e em relação ao ambiente de trabalho. Esses fatores podem ser compreendidos como requisitos gerais de projeto para serem atendidos a fim de alcançar uma determinado aspecto (Figura 2).

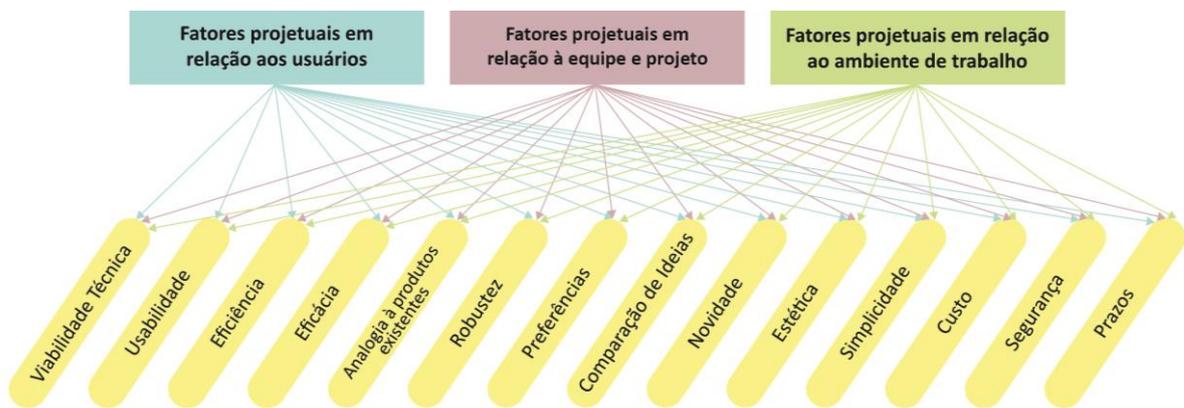


Figura 2 - Fatores Projetuais considerados na pesquisa
 Fonte: Elaborada pela Autora

- Fatores em relação ao usuário:** Nos últimos anos, o IEN tem adotado a abordagem de design centrado no usuário em seus projetos (por exemplo: FARIAS et al., 2017, 2009, SANTOS et al., 2011, 2013, 2015) a fim de alcançar eficiência no que foi projetado através do entendimento das necessidades dos usuários. Os fatores projetuais que influenciam os usuários são como condições de projeto que podem ser desejadas pelos projetistas com o propósito de estimular e interagir com essas pessoas para obter a compreensão de suas necessidades e experiências oriundas de suas percepções (GIACOMIN, 2014). Dessa forma o resultado de um projeto que considera fatores tangíveis ao usuário pode levar pode resultar na satisfação deste, bem como na satisfação do projetista;

- Fatores em relação à equipe e projeto:** É evidente que os projetos desenvolvidos no setor da instrumentação desde a sua existência são elaborados com equipes de diferentes especialistas. Nesse processo de interação da equipe de projeto valores e interesses são compartilhados (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013) pela busca de resultados eficientes, eficazes e satisfatórios (FARIAS et al., 2017) enfatizando, dessa maneira, a prática do design participativo. As tomadas de decisões no processo de desenvolvimento podem ser influenciadas pelas tendências, consensos e avaliações pessoais discutidas pela equipe (KICHUK; WIESNER, 1997). Nesse sentido, há uma relação entre o design participativo com os fatores humanos que se conectam ao enfatizar as necessidades e habilidades dos usuários (FARIAS et al., 2017) e desempenho dos projetistas ao buscar desenvolver soluções. Além disso, diante de

soluções complexas, como ocorre no SEINS, o engajamento da equipe é fundamental para que a comunicação auxilie na evolução das concepções do projeto (GRAY et al., 2015);

- **Fatores em relação ao ambiente de trabalho:** Algumas influências podem interferir nos fatores de desenvolvimento que estão relacionados ao setor da instrumentação, como por exemplo, o término da fabricação em série, a infraestrutura disponível e à perda de determinados especialistas. A descontinuidade da produção em série foi ocasionada pela interrupção de financiamento, e pode ter levado à perda de competências no setor, como o desenhista industrial que deixou de fazer parte da equipe de projeto. Pode-se notar que as políticas públicas interferiram no avanço e fomento à pesquisa e tecnologia do IEN. Os projetos, atualmente, são elaborados sob uma demanda, mas se houvesse um maior investimento, o desenvolvimento poderia ser promovido por interesses. Além disso, o ambiente de projeto (GREGORY, 2003; KAZEROUNIAN; FOLEY, 2007), a relação com a equipe (TOH; MILLER, 2014), a satisfação dos recursos utilizados e disponíveis e as políticas de incentivo do trabalho podem influenciar o desempenho do projetista.

A distinção dos fatores a seguir respalda como esses conceitos são vistos em projetos e como foram formulados para se enquadrarem no questionário dessa pesquisa.

- **Viabilidade Técnica**

Segundo Kazerounian e Foley (2007), a viabilidade técnica está alinhada com as práticas educacionais numa equipe de engenheiros que tendem a enfatizar a funcionalidade do projeto confiando em soluções comprovadas para problemas de engenharia. Ainda de acordo com os autores, os cursos de engenharia se concentram nas especificidades técnicas e nas soluções convencionais bem sucedidas (TOH; MILLER, 2015). Entretanto, recursos e tecnologias disponíveis para o desenvolvimento, compra, instalação ou operação também são essenciais para incorporar a viabilidade técnica (BAUSE et al., 2014; NEMETH, 2004). Sob esses argumentos as questões aplicadas no questionário foram definidas como indicadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Questões para questionário: Viabilidade Técnica

Viabilidade Técnica		
<i>Q1</i>	Em relação aos usuários no projeto	O produto/sistema da instrumentação nuclear atendem as necessidades do usuário com relação a funcionalidade.
<i>Q2</i>	Em relação à equipe e projeto	Princípios de engenharia sempre são aplicados no projeto de produto/sistema da instrumentação nuclear.
<i>Q3</i>	Em relação ao ambiente de trabalho	A tecnologia necessária para criar um produto /sistema está disponível ou é alcançável no instituto para atender às demandas.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Usabilidade**

A avaliação da usabilidade inclui realizar testes com usuários através de um facilitador que prepara as atividades, conduz testes e compila os dados coletados (NEMETH, 2004) e, com isso, não se sabe se pode haver tendências nos resultados. Nesse cenário, incertezas podem surgir porque as avaliações de usabilidade dependem do julgamento humano (ZHOU; CHAN, 2017). Além disso, indaga-se se a estrutura e recursos disponíveis para realizar os testes que estão incorporados na metodologia de projeto corroboram para alcançar os critérios de usabilidade. Sob esses fatos, as seguintes questões (tabela 4) foram aplicadas:

Tabela 4 - Questões para questionário: Usabilidade

Usabilidade		
Q4	Em relação aos usuários no projeto	Minha relação com futuros usuários auxilia os testes de usabilidade.
Q5	Em relação à equipe e projeto	O desenvolvimento de um produto/sistema pode ser reavaliado diante de incertezas que podem ser geradas quanto a usabilidade.
Q6	Em relação ao ambiente de trabalho	As metodologias de projeto/sistemas da instrumentação nuclear atendem aos critérios de usabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Eficiência**

Segundo Yalman e Yavuzcan (2015), a eficiência do processo de design pode ser aprimorada a partir da interação com usuários que participam e colaboram no desenvolvimento do projeto. Nesse sentido, a eficiência na metodologia de projeto corrobora para que a equipe realizem as etapas de modo mais cômodo diante dos recursos disponíveis. No setor da instrumentação do IEN, o guia mais bem definido que auxilia no desenvolvimento dos projetos são normas como a NUREG. Com isso, as questões a seguir foram aplicadas (Tabela 5):

Tabela 5 - Questões para questionário: Eficiência

Eficiência		
Q7	Em relação aos usuários no projeto	As interações com os usuários promove um melhor desenvolvimento do produto/serviço da instrumentação nuclear.
Q8	Em relação à equipe e projeto	Me sinto confiante diante das metodologias de projeto da Instrumentação nuclear que são utilizadas.
Q9	Em relação ao ambiente de trabalho	É importante que o IEN estabeleça um fluxo de métodos para auxiliar as etapas dos projetos.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Eficácia**

A eficácia de um sistema ou de um usuário tem como variável a satisfação do indivíduo (AL-MASKARI; SANDERSON, 2010) porque a eficácia se refere ao grau de sucesso em que o objetivo é alcançado (ANDREAS, 2010). Equipes multidisciplinares também promovem a eficácia de um projeto quando a interação é proativa e contribui para o conjunto de conhecimentos que agregam no processo (MAO et al., 2005). Sob outra perspectiva, as condições de trabalho influenciam a equipe a desempenhar melhor suas funções e, conseqüentemente, implica na eficácia do projeto. Com isso, as afirmações aplicadas foram (Tabela 6):

Tabela 6 - Questões para questionário: Eficácia

Eficácia		
Q10	Em relação aos usuários no projeto	É importante que os usuários se sintam satisfeitos com o que projetamos.
Q11	Em relação à equipe e projeto	A comunicação entre os projetistas faz com que os projetos gerem bons resultados.
Q12	Em relação ao ambiente de trabalho	A existência de critérios motivacionais propicia um melhor rendimento no ambiente de trabalho e conseqüentemente melhores resultados.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Analogia à produtos existentes**

Através de uma equipe de projeto que integra especialistas e usuários com diferentes domínios educacionais o diálogo é ampliado à medida que analogias são discutidas (CHRISTENSEN; BALL, 2016). Nesse sentido, ideias geradas a partir de analogias podem se basear através da transferência de diferentes conhecimentos. A analogia à produtos existentes é visto como um mecanismo que contribui para a geração de ideias criativas (BONNARDEL, 1999). Entretanto, se a geração da ideia não for explorada a analogia pode criar características de similaridade entre os projetos e ofuscar a criatividade e inovação da ideia. Com isso, as questões aplicadas foram (Tabela 7):

Tabela 7 - Questões para questionário: Analogia à conceitos existentes

Analogia à conceitos existentes		
Q13	Em relação aos usuários no projeto	Os diferentes domínios educacionais de uma equipe heterogênea otimiza o diálogo e aprofunda o conhecimento.
Q14	Em relação à equipe e projeto	O desempenho de um projeto existente inibe as soluções de novos projetos.
Q15	Em relação ao ambiente de trabalho	Os projetos do instituto possuem mais características análogas do que inovadoras.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Robustez**

A robustez de um produto ou sistema pode estar relacionada à segurança no sentido de oferecer proteção e resiliência ao usuário em caso de erros ou falhas (PECHANSKY, 2011). A robustez também está associada ao engajamento da equipe quando a comunicação e entrosamento são fluidos, quando processo de desenvolvimento é bem definido e quando há recursos disponíveis do ambiente de trabalho (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013), fazendo com que o projeto seja vigente com a vivacidade da equipe. À vista disso, as questões aplicadas foram (Tabela 8):

Tabela 8 - Questões para questionário: Robustez

Robustez		
Q16	Em relação aos usuários no projeto	A robustez do projeto está além da qualidade do material e sua durabilidade. Ela está atrelada à segurança através do armazenamento de dados, promovendo uma sistema/produto robusto.
Q17	Em relação à equipe e projeto	Processos e ferramentas bem definidas permitem que os envolvidos no projeto expandam a compreensão de suas perspectivas e prioridades colaborando para uma comunicação da equipe mais robusta.
Q18	Em relação ao ambiente de trabalho	O instituto apoia a prática coletiva em torno dos interesses de projeto permitindo um desenvolvimento mais robusto.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Preferências**

Quando o projeto aborda práticas de design participativo, projetistas e usuário apresentam preferências por determinadas ideias (NIKANDER; LIIKKANEN; LAAKSO, 2014) de modo que esses valores almejados sejam refletidos no resultado do projeto (HOLM, 2006). Ainda que as necessidades e desejos dos usuários sejam relevantes para o projeto, o projetista pode intervir na ideia (VISSER et al., 2005). Outro fato que implica nas preferências da equipe seria a influência de prazos e recursos limitados estabelecidos pelo trabalho, desafiando a ideia preferencial (TOH; MIELE; MILLER, 2015). Sob esses argumentos, aplicou-se as seguinte questões (Tabela 9):

Tabela 9 - Questões para questionário: Preferências

Preferências		
Q19	Em relação aos usuários no projeto	As soluções preferenciais de usuários agregam mais benefícios no projeto.
Q20	Em relação à equipe e projeto	As preferências dos projetistas são levadas em conta em qualquer situação.
Q21	Em relação ao ambiente de trabalho	Recursos limitados e prazos podem afetar a continuidade de determinadas preferências de soluções.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Comparação de Ideias**

Comparar ideias é comumente desempenhada para tomar decisões sobre as alternativas geradas pois ajuda a evidenciar vantagens e desvantagens. (TOH; MILLER, 2015). Sob a perspectiva do design participativo é necessário que haja consensos entre projetistas e usuários ao comparar ideias para que o resultado seja satisfatório (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). Ademais, a padronização de aspectos do projeto, que sujeita à comparação de ideias, promove a redução da complexidade no desenvolvimento de conceitos e na diminuição de custo. A partir desses entendimento, aplicou-se as seguinte questões (Tabela 10):

Tabela 10 - Questões para questionário: Comparação de Ideias

Comparação de Ideias		
Q22	Em relação aos usuários no projeto	Os envolvidos no projeto, como usuários finais ou colaboradores externos, com diferentes níveis de especialização e experiências possuem objetivos diferentes, mas ainda assim agregam mais valor no projeto.
Q23	Em relação à equipe e projeto	Comparar ideias pode facilitar mais do que dificultar as tomadas de decisões no projeto porque podemos considerar os méritos e as desvantagens de cada ideia.
Q24	Em relação ao ambiente de trabalho	Os projetos do setor da instrumentação são similares e isso ajuda a padronizar as soluções de projetos.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Novidade**

A novidade configura a ideia incomum ou inesperada em comparação à outras. Estudos apontam que usuários e colaboradores externos de um projeto participativo são potenciais desenvolvedores de inovação (HARHOFF; HENKEL; VON HIPPEL, 2003). Por outro lado, pesquisas abordam que engenheiros tendem a selecionar opções convencionais devido ao risco associado ao que é novo (TOH; MILLER, 2016b). Segundo Blind (2013), quando a ideia é otimizada a partir de aspectos padrões, mesmo sob recursos moderados, o projeto pode gerar um conceito inovador. Dessa forma as questões aplicadas foram (Tabela 11):

Tabela 11 - Questões para questionário: Novidade

Novidade		
Q25	Em relação aos usuários no projeto	Partes interessadas dos projetos que não são engenheiros geralmente tem ideias inovadoras.
Q26	Em relação à equipe e projeto	Prefiro soluções convencionais do que ideias novas e criativas.
Q27	Em relação ao ambiente de trabalho	O instituto desenvolve mais soluções com pequenas variações sobre o que vem produzindo do que soluções desafiadoras.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Estética**

Usuários acreditam que produtos esteticamente atraentes possuem uma melhores funcionalidades, ou seja, a estética influencia o desempenho do usuário (MORAN, 2017). A estética, também, consegue refletir as condições e estilo de um produto, como por exemplo, produtos robustos transmitem a sensação de solidez criada pelo material pesado, faces retas e cores sólidas (PHAM, 1999). Sob outra perspectiva, a estética é acometida quando o ambiente de trabalho faz parte de um mercado competitivo (VENKATESH et al., 2012), como também é influenciada no contexto em que a empresa está inserida, por exemplo, projetos de equipamentos médicos possuem características particulares. Com isso, as questões aplicadas foram (Tabela 12).

Tabela 12 - Questões para questionário: Estética

Estética		
Q28	Em relação aos usuários no projeto	A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário.
Q29	Em relação à equipe e projeto	A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados.
Q30	Em relação ao ambiente de trabalho	A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Simplicidade**

Simplificar um produto ou sistema nem sempre é apreciado pelo usuário porque ao reduzir elementos e controles o design se torna mais complexo e implica na perda da funcionalidade (THOMPSON; HAMILTON; RUST, 2005). Nesse sentido, enquanto um design simples é visto como fácil de usar, o design complexo pode ser considerado mais funcional (EYTAM; TRACTINSKY; LOWENGART, 2017). Com isso, as questões aplicadas foram (Tabela 13):

Tabela 13 - Questões para questionário: Simplicidade

Simplicidade		
Q31	Em relação aos usuários no projeto	Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário.
Q32	Em relação à equipe e projeto	Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais.
Q33	Em relação ao ambiente de trabalho	O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto

Fonte: Fonte: Elaborada pela autora

- **Custo**

Estudos sugerem que a minimização de custos num projeto é bem sucedida quando o projeto aborda a prática de design centrado no ser humano (CHAMMAS; QUARESMA; MONT'ALVÃO, 2015; RAJANEN, 2014), visto que é um método no qual procura entender as necessidades dos usuários e melhorar a usabilidade. Outro fato que procura ser averiguado ocorre quando a falta de recursos e pessoal implica no desempenho do projeto, visto que a carência de especialistas representa perda de memória coletiva para uma instituição (BETTENCOURT; CIANCONI, 2011). Nesse contexto, quando há problemas em relação à custos, o ambiente de trabalho é desafiado a lidar com os recursos limitados para desenvolver projetos. Assim, as questões aplicadas fora (Tabela 14):

Tabela 14 - Questões para questionário: Custo

Custo		
Q34	Em relação aos usuários no projeto	Projetos que seguem a metodologia de design centrado no usuário podem ter menos custos do que aqueles não aplicam essa abordagem.
Q35	Em relação à equipe e projeto	Os projetistas sempre conseguem adequar os projetos de acordo com os recursos disponíveis.
Q36	Em relação ao ambiente de trabalho	A redução de custo não afetou a qualidade dos projetos da instrumentação.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Segurança**

A segurança é um fator fundamental nos projetos de instrumentação nuclear para manter a integridade dos usuários diante de sistemas e produtos complexos. Ela está inclusa nos fatores humanos e em projetos centrados no ser humano (NEMETH, 2004). Nesse sentido, é necessário que a equipe de projeto compreenda à fundo os requisitos de segurança em relação ao uso do sistema (MAGUIRE, 2001). Ainda que os critérios relacionados à fatores humanos estejam mais voltados para projetos de salas de reatores nucleares, o design centrado no usuário é estendido ao desenvolver produtos e sistemas para evitar prejuízos e falhas. Sob essas circunstâncias, as questões aplicadas foram (Tabela 15):

Tabela 15 - Questões para questionário: Segurança

Segurança		
Q37	Em relação aos usuários no projeto	Segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando projetamos sistemas centrados no usuário
Q38	Em relação à equipe e projeto	Os requisitos relacionados à segurança do projeto dependem do entendimento profundo do contexto sobre o uso do sistema.
Q39	Em relação ao ambiente de trabalho	O setor da instrumentação sempre promove estudos com foco na segurança de um produto/sistema para minimizar lesões, danos e perdas.

Fonte: Elaborada pela autora

- **Prazos**

Quando usuários são submetidos aos testes e avaliações, estes podem se sentir pressionados a responder num tempo determinando quando lidam com experiências diferentes (NEMETH, 2004). A equipe de projeto é desafiada pelo cumprimento de prazos quando há tempo para obter mais informações ou finalizar etapas (PEETERS et al., 2007). Além disso, limitações de recursos e problemas de interação restringem a geração de ideias e, conseqüentemente, no cumprimento do tempo de projeto (TOH; MIELE; MILLER, 2015). Com isso, aplicou-se as seguintes questões (Tabela 16):

Tabela 16 - Questões para questionário: Prazos

		Prazos
Q40	Em relação aos usuários no projeto	Testes realizados em produtos/sistemas da Instrumentação nuclear com a participação de usuários são cumpridos de acordo com o cronograma estabelecido.
Q41	Em relação aos projetistas	Os projetistas sempre desenvolvem projetos dentro do tempo planejado.
Q42	Em relação ao ambiente de trabalho	A falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto.

Fonte: Elaborada pela autora

3.4. Avaliação participativa da proposta

Dez projetistas do prédio da instrumentação foram selecionados para participar de um workshop no qual foi aplicado um questionário (Apêndice 3) baseado em escala likert para verificar suas preferências e compreensões sobre práticas na qual se inserem fatores que influenciam as ideias de projeto, dado que o SEINS aborda fatores humanos e práticas de design participativo e centrado no usuário.

Os projetistas entrevistados são os especialistas ou técnicos que fazem parte de projetos da instrumentação nuclear, seja de sistemas ou de produtos. Existe, também, o fato de que não há designers no instituto, onde a equipe é formada por profissionais experientes e de acordo com estudos (por exemplo: NIKANDER; LIKKANEN; LAAKSO, 2014), profissionais que se concentram há longo período de tempo na mesma função tendem a favorecer seus próprios conceitos diante de seus conhecimentos tácitos, o que pode impactar nos fatores de design em relação a tomada decisão.

Para realizar o workshop um questionário escalonado foi aplicado aos profissionais do SEINS que fazem parte do processo de desenvolvimento de equipamentos da instrumentação

nuclear. Durante o workshop, foi apresentado uma análise global da pesquisa e o objetivo da aplicação do questionário, que era colher respostas a partir da percepção dos profissionais em relação aos fatores projetuais.

O questionário é uma abordagem que busca informações sobre potenciais usuários para avaliar suas necessidades, preferências, e quais fatores influenciam suas decisões (ROUSE, 1991). O questionário aplicado é personalizado porque indaga aspectos sobre um tema específico e coletam informações pertinentes (NEMETH, 2004) aos fatores que influenciam as tomadas de decisão no processo de desenvolvimento de equipamentos da instrumentação nuclear. A escala likert foi o sistema de classificação utilizado para medir as atitudes, opiniões e percepções dos entrevistados (BRITANNICA ENCYCLOPEDIA, 2009). A escala utilizou 4 pontos de concordância (Tabela 17) e as questões envolveram os fatores de design em relação:

- À percepção dos projetistas sobre os usuários que participam de projetos do SEINS;
- Ao desempenho dos próprios projetistas e do projeto;
- À influência do ambiente do trabalho no desempenho do projeto.

Tabela 17 - 4 pontos da escala likert aplicada no questionário

	Discorda Totalmente	Discorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Concorda Totalmente
	1	2	3	4
Nível de concordância	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos resultados, apontamentos são discutidos como orientação para a equipe refinar o conhecimento sobre os fatores de design ao selecionar e avaliar conceitos durante o desenvolvimento de um projeto.

CAPÍTULO IV

4. Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados do estudo de campo conforme as fases descritas no capítulo 3. Inicialmente descreve-se como são realizados os projetos de instrumentação nuclear no IEN. Os dados desta fase da pesquisa foram obtidos por meio de um longo período de imersão no setor de projeto, inclusive participando na equipe do projeto de equipamentos, em análise documental e entrevistas com projetistas.

A seguir proposta de inclusão de conceitos e fatores de design é apresentada e **avaliada**. Os dados para avaliação foram obtidos através de um questionário baseado em escala likert de 4 pontos (discorda totalmente, discorda parcialmente, concorda parcialmente e concorda totalmente) o qual foi aplicado durante uma reunião em que se introduziu os objetivos do trabalho, além de apresentar os conceitos de design argumentados nesse documento. Dez especialistas preencheram informações relativas a seu perfil profissional e seu grau de experiência. Todos os participantes, entre eles 7 engenheiros e 3 técnicos em eletrônica, estão envolvidos no desenvolvimento de projetos da instrumentação nuclear e atuam na área nuclear entre 8 e 38 anos. As afirmações do questionário são personalizadas e indagam questões relacionadas aos fatores projetuais que influenciam as tomadas de decisões durante o desenvolvimento de projetos. Tendo como base o fundamento dos fatores de design (Apêndice 2) selecionados a partir de referências sobre seleção de conceitos, fatores humanos e abordagens do design participativo, as afirmações do questionário ainda se associam sob a percepção de influências de usuários que participam de projetos, de projetistas e do ambiente de trabalho.

4.1. A evolução dos procedimentos de projeto no Serviço de Instrumentação Nuclear do IEN

O Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), localizado na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, foi construído em 1964 para abrigar e operar o reator de pesquisas com a missão de contribuir para o bem-estar da sociedade e para o desenvolvimento tecnológico e científico da comunidade nuclear. O setor de instrumentação nuclear do IEN foi concebido em 1984 para fornecer uma infraestrutura para projeto e manutenção de instrumentação nuclear e prestar suporte às suas atividades, sendo responsável pelo desenvolvimento e fabricação da instrumentação nuclear de seu reator de pesquisa, o Argonauta. Ao longo dos anos, o instituto desenvolveu dezenas de equipamentos para radioproteção, medicina nuclear e pesquisa, como também a instrumentação

do reator de pesquisas IPEN/MB-01 do Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN), em 1988; do reator de pesquisas IPR1 do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), em 1995; e de sistemas para a modernização da instrumentação da usina nuclear de Angra 1, em 1996.

Para se ter uma visão geral dos principais acontecimentos do SEINS desde a sua existência, o esquema abaixo mostra uma linha do tempo que apresenta os principais fatos (Figura 3).

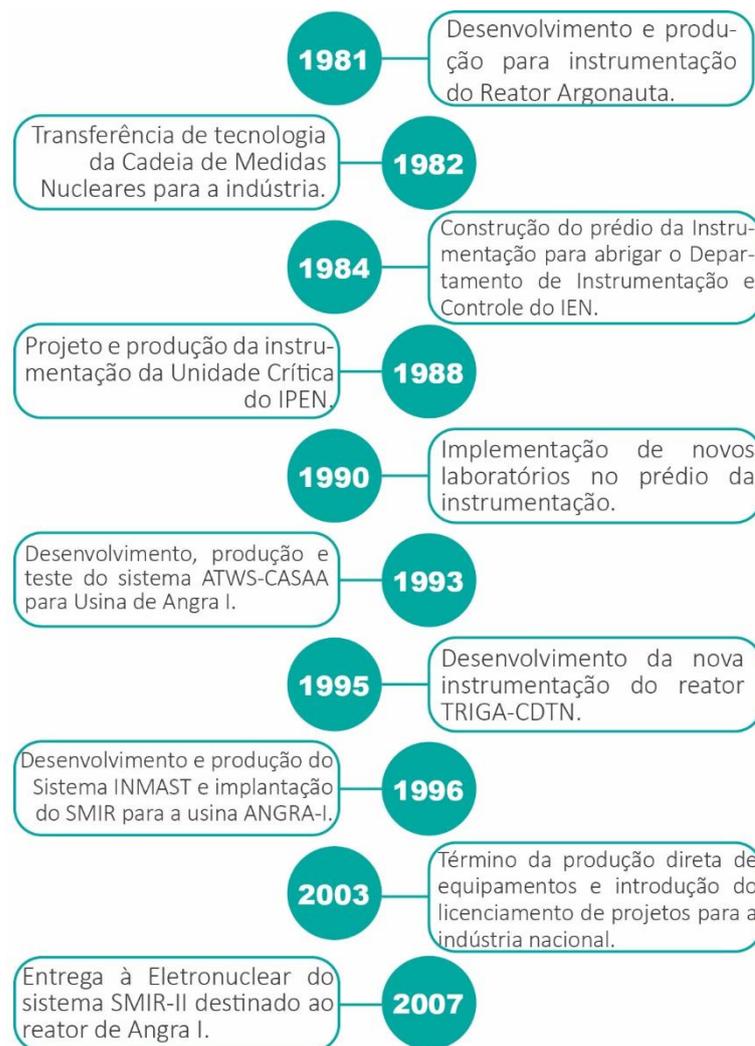


Figura 3 - Principais fatos da Instrumentação do IEN
Fonte: Elaboração própria

A Divisão de Engenharia Nuclear (DENN) do IEN compreende alguns serviços, entre eles o Serviço de Instrumentação (SEINS) e o Serviço de Engenharia de Sistemas Complexos (SEESC). O SEINS compreende dois processos: a manutenção eletrônica, com o objetivo de reparar a instrumentação nuclear e convencional para todo o IEN e para clientes externos; e o desenvolvimento de Instrumentação Nuclear que busca desenvolver equipamentos e sistemas

para reatores nucleares. O SEESC colabora no desenvolvimento de projetos para o SEINS. São desenvolvidos, por exemplo, sistemas e interfaces através de abordagens centrada nos usuários e na sua atividade, além de avaliar a usabilidade de seus equipamentos e interfaces. O SEESC é formado por um grupo multidisciplinar que procura estudar a interação de pessoas e tecnologias de uma organização para atingir com segurança os objetivos de sistemas complexos.

Nesse cenário, o prédio da instrumentação do IEN disponibilizou laboratórios de projeto/desenvolvimento e manutenção, salas de teste de equipamentos, laboratório químico para confecção de placas de circuito impresso, oficina mecânica, almoxarifado e salas de pessoal. Além disso, no final da década de 1990 novas demandas da área nuclear impulsionaram o surgimento de novos laboratórios no setor da instrumentação, onde a estrutura predial que antes acomodava apenas a área de instrumentação passou a acomodar pessoal e equipamentos no Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS), Laboratório de Realidade Virtual (LABRV), Laboratório de Inteligência Artificial Aplicada (LIAA), Laboratório de Usabilidade e Confiabilidade Humana (LABUCH) e no Laboratório para Gestão de Emergências (em fase de implantação). Com base em entrevistas, foi possível elaborar um organograma do SEINS da atual gestão (Figura 4).

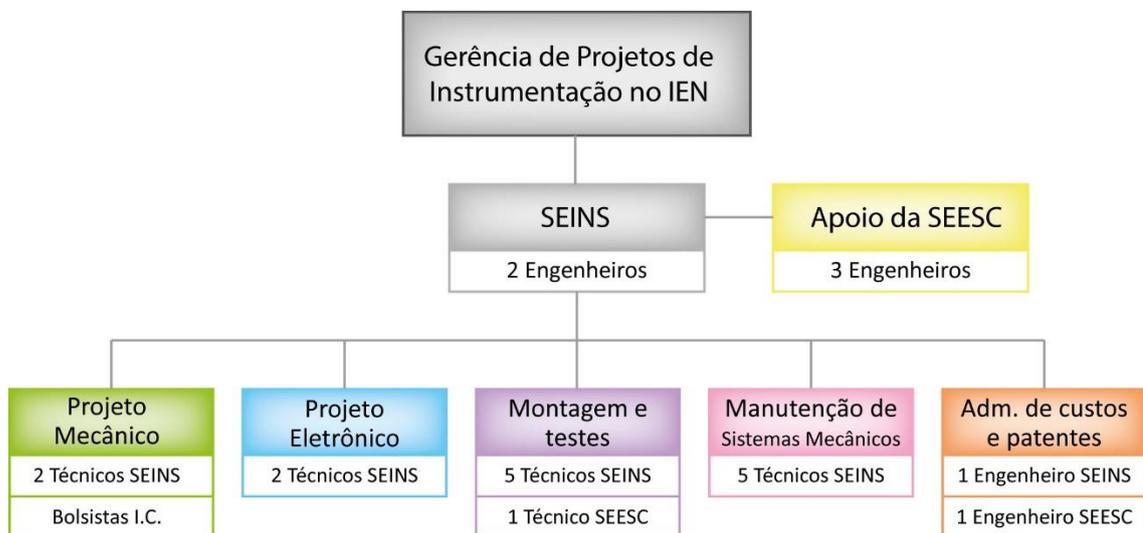


Figura 4 - Organograma SEINS
Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com relatos históricos de especialistas do IEN, durante o desenvolvimento de projetos no setor da instrumentação, na década de 1980, não havia uma preocupação em que o instrumento atendesse às necessidades do usuário, ou seja, o equipamento e suas funções não

se adaptavam ao usuário, mas sim o contrário. A partir de uma demanda provinda da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) os projetos eram executados com base em manuais de equipamentos análogos e os projetistas deviam segui-los da maneira que entendessem. Além disso, outro método era desenvolver os equipamentos de acordo com o empirismo dos especialistas, o que promovia a padronização de determinados dispositivos, como os painéis que continham botoeiras e conectores.

Após os primeiros anos de atividades, o setor de Instrumentação do IEN notou que se o equipamento não tivesse um bom resultado, todo o projeto era refeito. A oficina mecânica e os desenhistas industriais estavam gerando constantes retrabalhos, principalmente na fase de testes básicos de funcionamento, isso porque o trabalho era baseado em experiências e não havia ainda procedimentos prévios para a concepção dos equipamentos. Logo, atentou-se que era necessário prover um manual de serviço e operação de modo que auxiliasse nos resultados dos projetos. Com isso, os profissionais do setor da instrumentação introduziram, por volta de 1990, procedimentos operacionais e qualitativos em busca de métodos reprodutivos mais práticos com o intuito de evitar retrabalhos, além do anseio pela melhora nos resultados de seus projetos e também na facilidade de dispor as instruções durante troca ou admissão de pessoal. Os procedimentos passaram, então, a sistematizar as fases de elaboração dos equipamentos, como a formatação de documentos, plano de desenvolvimento de protótipos, concepção de desenhos, adequação do projeto do equipamento a seu uso e outras várias etapas de operação e qualidade.

Anteriormente, em 1988, durante a introdução da instrumentação no reator de pesquisas IPEN/MB-01 do IPEN, como ainda não havia a assistência dos procedimentos prévios para auxiliar no desenvolvimento dos projetos, os profissionais do IEN faziam especificações de como o projeto deveria ser desenvolvido e depois preparavam um manual de como utilizar os equipamentos. Entretanto, em meados de 1990, após o acidente do reator nuclear de Three Mile Island (TMI), a comunidade nuclear passou a atentar ao envolvimento do usuário com a instrumentação e, com isso, a Comissão Regulamentadora Nuclear (NRC) dos Estados Unidos estabeleceu normas como a NUREG-700 e NUREG-711 que compilam diretrizes baseadas em aspectos de engenharia de fatores humanos, auxiliando, assim, na revisão de projetos de reatores nucleares. Logo, a Usina de Angra 1 passou a operar com padrões de desempenho compatíveis com a prática internacional, e como o IEN era o responsável pela implantação dos sistemas de modernização da instrumentação desse reator de potência, os procedimentos operacionais e de qualidade se intensificaram no instituto.

O prédio da instrumentação do IEN era composto por engenheiros, desenhistas e técnicos em eletrônica e mecânica onde todos faziam parte de alguma etapa de desenvolvimento contida nos procedimentos operacionais. Entretanto, após longos anos desenvolvendo e produzindo sistemas de instrumentação para usinas nucleares e equipamentos para radioproteção, medicina nuclear e pesquisa, o IEN cessou a produção direta dos equipamentos em 2003 e passou a patentear os seus projetos tecnológicos para a indústria. Ainda nesse contexto, alguns profissionais que eram essenciais para o desenvolvimento dos equipamentos, como os desenhistas industriais, deixaram de fazer parte da instituição. Por conseguinte, pesquisadores do IEN procuraram interagir com o ambiente acadêmico em busca de estudantes de design que auxiliassem nos projetos de instrumentação com o intuito de promover pesquisa no ramo da ergonomia, usabilidade e tecnologias tridimensionais.

Com base em entrevistas com especialistas da divisão de Instrumentação Nuclear do IEN, que vivenciaram as decorrências da descontinuidade da produção, foi possível verificar que essa interrupção se deu devido a um problema de financiamento de fundos pelo governo federal, que em um dado momento passou a não viabilizar o capital necessário para a produção dos equipamentos. Enquanto isso, a perda de competências, vivenciada hoje pela comunidade nuclear, está relacionada ao diminuto fomento da pesquisa e desenvolvimento que, conseqüentemente, tem também ocasionado o envelhecimento da mão de obra. Dessa forma, a carência de especialistas que apresentam conhecimentos táticos do campo nuclear representa perda de memória coletiva, além de ser uma ameaça para o desenvolvimento da área (BETTENCOURT; CIANCONI, 2011).

Atualmente, o SEINS desenvolve equipamentos e sistemas para reatores nucleares, radioproteção, medicina nuclear e para aplicações na área nuclear. Realiza montagem e testes de protótipos dos equipamentos desenvolvidos, visando sua validação e posterior transferência de tecnologia para a indústria, além de desenvolver sistemas por demanda de laboratórios da CNEN.

4.1.1. Equipamentos e projetos desenvolvidos

Projetos tecnológicos no campo nuclear são de suma importância para o reconhecimento e produção nacional (FARIAS, 2017). Trata-se de um processo contínuo, envolvendo pessoas e organizações. Na busca da literatura, é possível evidenciar que o design no setor nuclear nacional é moderadamente discutido, desprovido de referência teórica, como o auxílio para estudos otimizados (FARIAS, 2017). Ainda assim, o mercado nuclear brasileiro, concernente

ao setor energético, tem se expandido cada vez mais (CORRÊA, 2017) e esse desenvolvimento que abrange há cerca de 50 anos (XAVIER, 2009) urge por renovação atualmente (CORRÊA, 2017).

Os equipamentos nucleares de cunho nacional relacionados a radioproteção, instrumentação de reatores ou equipamentos para a medicina nuclear podem ser percebidos com características obsoletas e isso se deve por alguns motivos como a suspensão da fabricação em série da instrumentação realizada no IEN e a perda de competências nucleares ao longo dos anos. Essas implicações, de certa forma, estão relacionadas ao modelo de desenvolvimento de tecnologias nucleares do Brasil (XAVIER, 2009), onde as políticas públicas ocasionam complexidades no avanço e fomento à pesquisa e tecnologia.

A partir de análises de documentos dos procedimentos de qualidade e operação disponíveis no SEINS foi possível contabilizar que o setor produziu cerca de 248 equipamentos diferentes entre 1979 e 2017 (Gráfico 1 e Apêndice I). Vale ressaltar que a partir de 1997 o desenvolvimento e produção de instrumentação nuclear aderiu as exigências do sistema de qualidade baseado na norma NBR ISO 9001 (Disponível em: <www.ien.gov.br/index.php/instrumentacao-nuclear>. Acesso em 15 de abril de 2018).

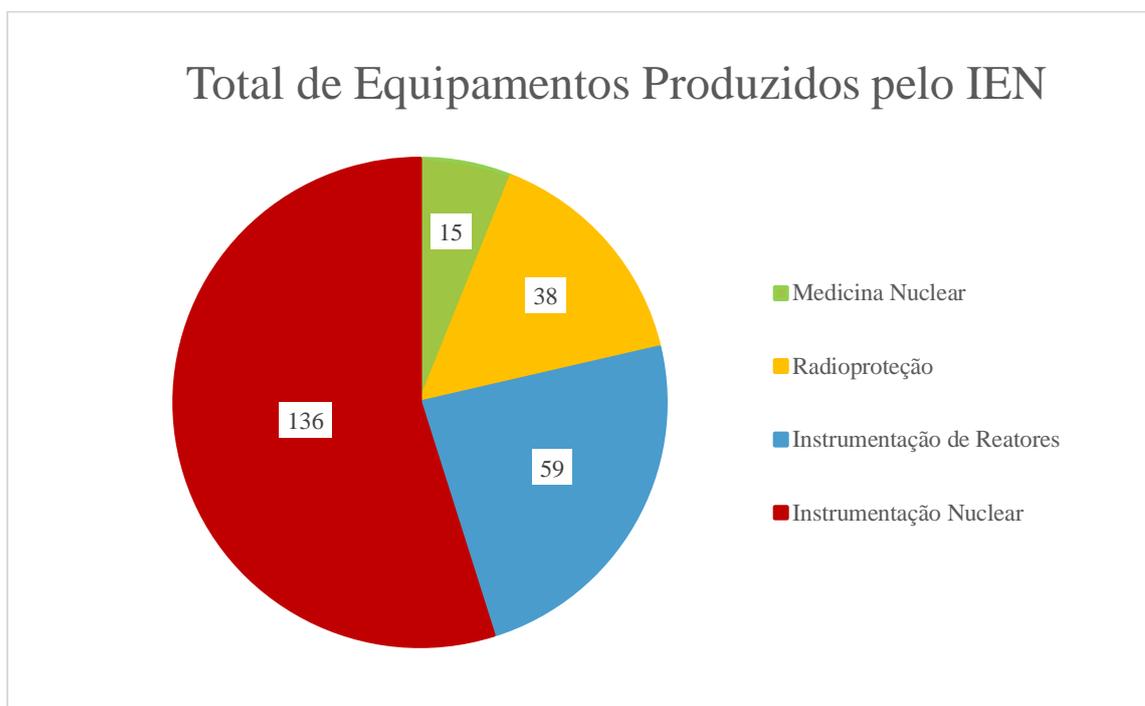


Gráfico 1 - Total de Equipamentos desenvolvidos até 2017
Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico a seguir (Gráfico 2) compara as partes de um todo ao longo do tempo. Desta forma são relacionados a quantidade de equipamentos desenvolvidos desde o início das atividades da

produção de instrumentação do IEN em 1979 até o atual momento em que se realizam projetos de protótipos. Além disso, o gráfico classifica os equipamentos de acordo com sua utilização e não considera a produção em série. Nota-se, ainda, que o SEINS desenvolveu uma grande quantidade de instrumentação nuclear destinado a reatores e o pico, no ano de 1996, houve uma larga produção para a usina de Angra 1, além da nova instrumentação para o reator TRIGA-CDTN totalmente desenvolvida pelo IEN. Após isso, visto que não havia plano de novos reatores para o país, houve queda na produção e, a partir de 2003, com o término de fabricação o SEINS passou a atuar em projetos sob demanda que deveriam ser patenteados e licenciados para serem fabricados por outras empresas.

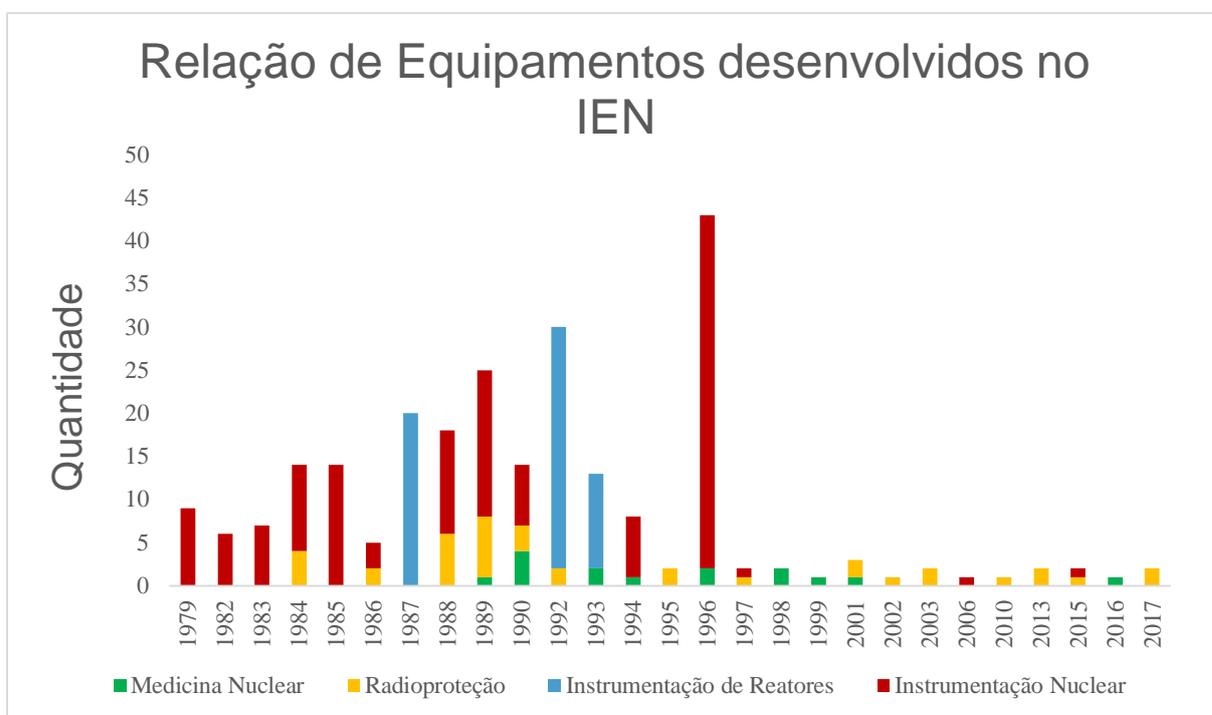


Gráfico 2 - Comparação de Equipamentos desenvolvidos no IEN

Fonte: Elaborado pela autora

Atualmente, o serviço de instrumentação do IEN mantém o fornecimento de placas e apoio técnico para as instalações nucleares, além de desenvolver sistemas por demanda de laboratórios da CNEN. Esse setor desenvolve, também, equipamentos e sistemas para reatores nucleares, radioproteção, medicina nuclear e para aplicações na área nuclear, bem como a elaboração de montagem e testes de protótipos, visando sua validação. Após o processo de patente, os equipamentos desenvolvidos são transferidos para a indústria nacional de modo a suprir as necessidades de hospitais e serviços de medicina nuclear, indústrias e laboratórios de pesquisa” (Disponível em: <www.iен.gov.br/index.php/instrumentacao-e-sistemas-de

controle> Acesso em: 15 de abril de 2018). Dentre os equipamentos desenvolvidos pelo IEN, aqueles que foram patenteados para produção pela Indústria Nacional são¹:

- Inteligente de Radiação - modelo MIR 7028 (modernização do modelo 7026), com as Sondas Geiger Müller, modelo SGM-7026, e Panqueca, modelo SPQ-7026;
- Monitor de Radiação, modelo MRA 7027, com a Sonda Geiger Müller, modelo SGM 7027;
- Monitor de Rejeitos Hospitalares, modelo MRH-7029, com a Sonda Cintilométrica, modelo SCT-7026.



Figura 5 - MIR 7028 (5A) e MRA 7027 (5B)
Fonte: CAMPELO, 2012 e MÓL et al., 2008

Há um fato interessante em que durante a fase validação, o Sistema para captação da tireoide, equipamento destinado a medicina nuclear e que se encontra em preparação para a transferência nacional foi acondicionado a testes no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. Ainda assim, a equipe médica aprovou o sistema e o equipamento tem sido utilizado desde então.

A partir dos dados de controle do desenvolvimento de equipamentos do SEINS, foi possível relacionar os principais resultados alcançados em 2017, que são:

- *Desenvolvimento de equipamentos para a radioproteção:*
 - Monitor Modular Remoto de Radiação MMRR 7032 (Figura 6A): encontra-se preparado para transferência de tecnologia;
 - Dosímetro de diodo PIN (Figura 6B): encontra-se em desenvolvimento e com novo desenho mecânico concluído;

¹ Disponível em: <www.ien.gov.br/index.php/instrumentacao-e-sistemas-de-controle>. Acesso em 15 de abril de 2018.

- Telemedidor de Radiação (Figura 6C): foi desenvolvido o design e protótipo mecânico com sonda extensora;
- Monitor de Radiação Ambiental de Áreas Externas (Figura 6D): encontra-se no desenvolvimento de protocolo de transmissão;
- Sistema para treinamento em radioproteção sem a utilização de fontes radioativas (Figura 6E): o protótipo de equipamento para simulação de busca de fontes radioativas foi concluído.

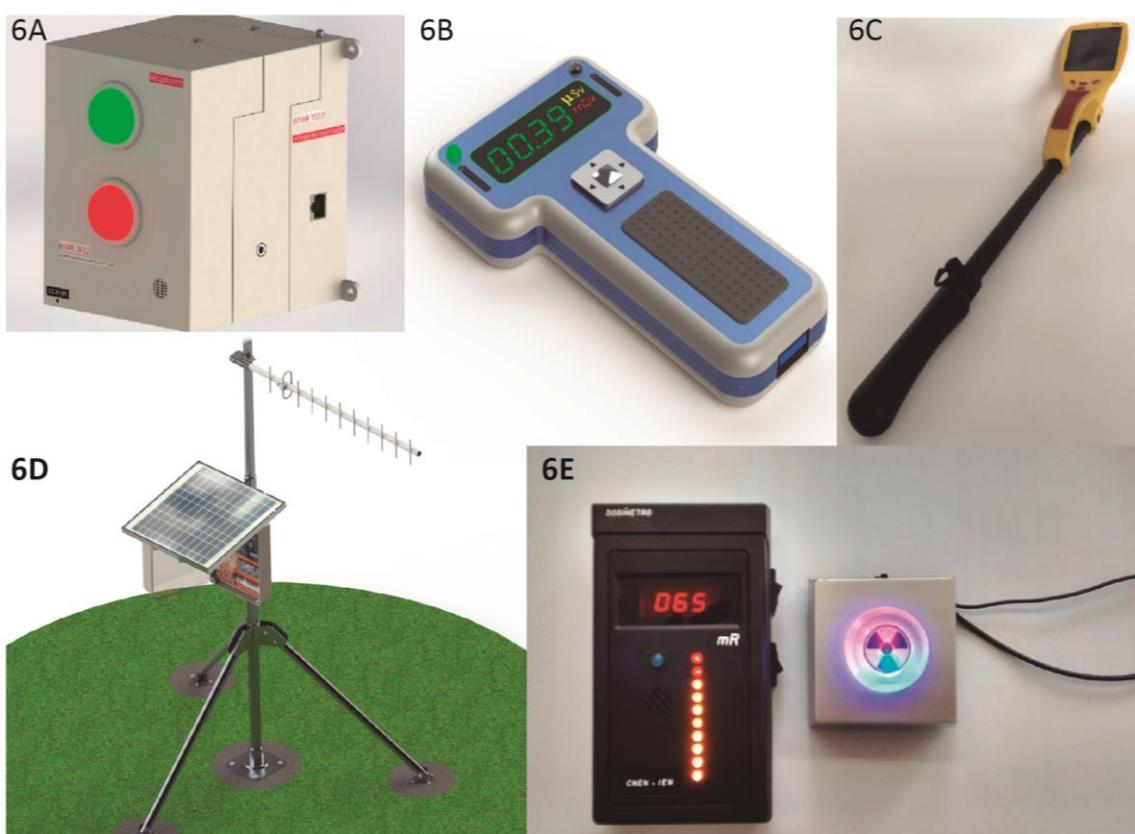


Figura 6 - Desenvolvimento de Equipamentos para Radioproteção
 Fonte: SEINS, IEN.

- *Desenvolvimento de equipamentos para medicina nuclear:*
 - Calibrador de doses de radiofármacos (Figura 7): encontra-se em desenvolvimento e em preparação para transferência;
 - Sistema para captação da tireoide portátil (Figura 8): encontra-se em desenvolvimento e em preparação para transferência.



Figura 7 - Concepção do Calibrador de doses de radiofármacos
Fonte: SEINS, IEN.

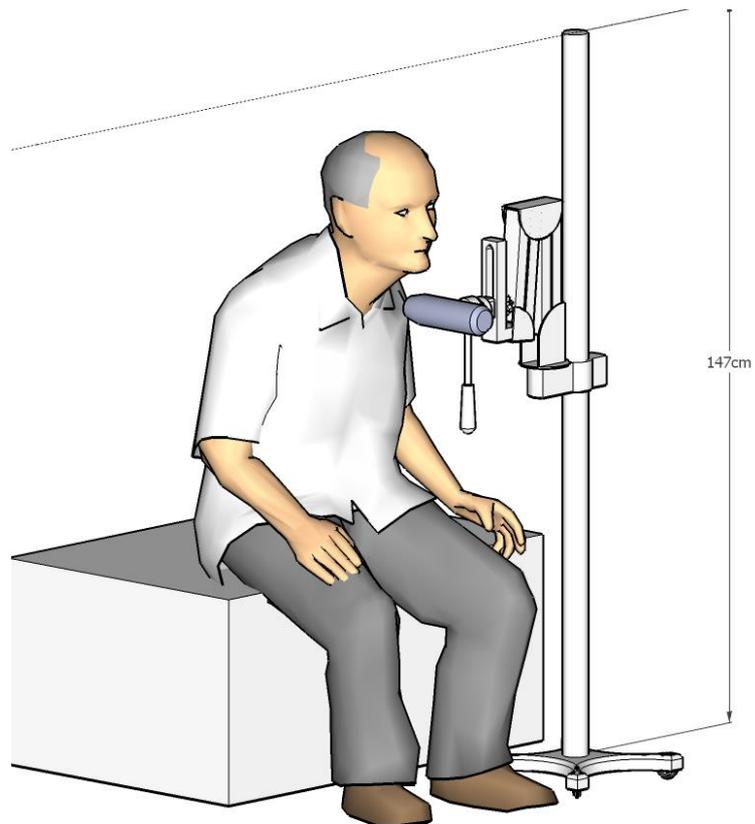


Figura 8 - Concepção do Sistema de Captação da Tireoide
Fonte: SEINS, IEN.

- *Desenvolvimento de projetos para reatores nucleares:*
 - Sistema de alta confiabilidade em instrumentação nuclear: Estudos estão em desenvolvimento acerca de técnicas de construção de circuitos tolerante a falhas com tecnologia digital FPGA (Field Programmable Gate Array) com a finalidade de ser utilizado em Sistema de Proteção de Reatores.

- *Desenvolvimento de projetos para aplicação na área nuclear:*
 - Estudos estão em desenvolvimento acerca de um sistema de posicionamento em ambientes internos com dispositivos WiFi de baixo custo com a finalidade de ser aplicado em retiradas de emergência.

4.1.2. Método adotado até 2003

A partir de entrevistas com especialistas do prédio de Instrumentação do IEN, foi possível reunir esclarecimentos acerca da organização e gestão dos projetos dos equipamentos. Com isso, foi relatado que se caso o equipamento não alcançasse uma boa solução, todo o projeto deveria ser recriado. Nessa situação, em meados de 1990 foram elaborados procedimentos operacionais e de qualidade com a finalidade de evitar perdas materiais e retrabalho na fase de produção, além de documentar e padronizar o processo de desenvolvimento. Os procedimentos foram classificados em duas categorias:

1. Procedimento Operacional (Tabela 18): Estabelecia diretrizes gerais, rotinas e responsabilidades relativas as variadas etapas do desenvolvimento de protótipo, além de supervisionar o progresso dos projetos (PO-CINT, 1990)²;

2. Procedimento de Qualidade (Tabela 19): Estabelecia a política da qualidade e seus objetivos, e sistematiza as diretrizes e regras para a compreensão, implementação e manutenção do sistema da qualidade. Esse procedimento se aplicava a todos os setores da Coordenação de Instrumentação do Instituto de Engenharia Nuclear (PQ-CINT, 1990)³.

² Procedimento Operacional - PO-CINT-02, Coordenação de Instrumentação, IEN, Rio de Janeiro.

³ Procedimento de Qualidade - PQ-CINT-02, Coordenação de Instrumentação, IEN, Rio de Janeiro.

Tabela 18 - Procedimentos Operacionais do IEN, 1990

<i>Procedimentos Operacionais do SEINS (1990)</i>	
PO-CINT-01 <i>Formatação de Documentos</i>	Descreve como deve ser realizada a formatação do documento e redação de qualquer procedimento técnico da CINT (Coordenação de Instrumentação);
PO-CINT-02 <i>Desenvolvimento de Protótipo</i>	Descreve diretrizes gerais relativas ao desenvolvimento do equipamento;
PO-CINT-03 <i>Desenvolvimento de Software</i>	Descreve diretrizes gerais relativas ao desenvolvimento do software;
PO-CINT-04 <i>Elaboração de desenhos</i>	Estabelece as diretrizes de como as legendas são formatadas, de como é formulado a lista de verificações, lista de componentes e desenhos do arranjo, mecânicos e de painéis;
PO-CINT-05 <i>Requisitos e ensaios de software</i>	Define todos os requisitos necessários para o software;
PO-CINT-06 <i>Projeto de Software</i>	Propõe um roteiro de documento do projeto, sugestão de codificação e descreve como o software será desenvolvido;
PO-CINT-11 <i>Ensaio de protótipo</i>	Apresenta os ensaios a serem realizados no protótipo, com as respectivas montagens e planilhas devendo ser elaborada pelo engenheiro responsável do projeto;
PO-CINT-12 <i>Elaboração de Manual de Serviço</i>	Estabelece diretrizes gerais para a elaboração do Manual de Serviço e que este deve especificar instruções para instalação, operação e manutenção do equipamento;
PO-CINT-13 <i>Solicitação e controle de serviços</i>	Apresenta diretrizes gerais acerca das ordens de serviços.

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo a SEINS, o procedimento era um documento interno que padronizava a execução de um processo através da descrição de todas as suas etapas, atribuindo responsabilidades e estabelecendo condições com os setores envolvidos na execução de cada processo. O objetivo central desse método era evitar perdas e retrabalho. Se houvesse falhas como, por exemplo, um layout de placa ou desenho de circuito projetado erroneamente causaria defeitos em diversos equipamentos. Ainda sobre a intenção dos procedimentos, a documentação era toda feita em papel com o propósito de padronizar desde o projeto dos circuitos, montagem de protótipo, confecção de placas de circuito impressos, testes, etc. Toda essa técnica foi elaborada a partir da norma ISO 9001 que tratava da qualidade em projeto de engenharia e era tendência na época.

Através das entrevistas realizadas no ambiente de pesquisa com especialistas do SEINS, relatou-se que o método de seguir os procedimentos para o desenvolvimento de equipamento era um técnica considerada centrada no produto e principalmente devota à documentação das etapas. A metodologia de produção, no geral, era e continua sendo vista como uma estratégia demasiadamente sistemática. Baseado na consulta exploratória de dados dos antigos procedimentos, o esquema a seguir (Figura 9) expõe o processo dos procedimentos adotados para desenvolver o equipamento durante a época de produção.

Tabela 19 - Procedimentos de Qualidade, SEINS, 1990

<i>Procedimentos de Qualidade do SEINS (1990)</i>	
MQ-CINT-01 <i>Manual de Qualidade</i>	Estabelece a política da qualidade e seus objetivos, e sistematiza as diretrizes e regras para a compreensão, implementação e manutenção do sistema da qualidade;
PQ-CINT-01 <i>Elaboração de Procedimentos</i>	Estabelece as diretrizes gerais para a elaboração de procedimentos da qualidade e procedimentos operacionais;
PQ-CINT-02 <i>Análise Crítica pela Administração</i>	Análise geral do desempenho do Sistema da Qualidade da Coordenação no ano e as dificuldades encontradas no período, além de propor ações de melhoria para o Sistema;
PQ-CINT-03 <i>Análise Crítica de Contrato</i>	Assegura as condições acordadas com o cliente;
PQ-CINT-04 <i>Controle de Projetos</i>	Dispõe a sistemática de controle indicando como o desenvolvimento do projeto deve ser seguido;
PQ-CINT-05 <i>Controle de Documentos e Desenhos</i>	Indica como deve se proceder o controle de emissão, distribuição, arquivamento e revisão de documentos e desenhos;
PQ-CINT-06 <i>Controle de Compras</i>	Assegura a elaboração dos documentos de compra com especificações completas e precisas dos materiais;
PQ-CINT-07 <i>Produto Fornecido pelo Cliente</i>	Dispõe a sistemática de controle acerca da verificação, armazenagem e manutenção de produto que é fornecido pelo cliente;
PQ-CINT-08 <i>Controle de Processo</i>	Apresenta diretrizes gerais relativas ao controle dos processos que afetam a qualidade do produto;
PQ-CINT-09 <i>Inspeção e Ensaios</i>	Estabelece as rotinas referentes as atividades de inspeção e ensaio visando assegurar a conformidade dos produtos;
PQ-CINT-10 <i>Equipamentos de Inspeção, Medição e Ensaios</i>	Os equipamentos de inspeção, medição e ensaios, inclusive softwares de ensaio devem ser rigorosamente submetidos a sistemática desse controle;
PQ-CINT-11 <i>Controle de Produtos Não Conformes</i>	Estabelece as rotinas e as responsabilidades referentes ao controle de produtos que descumpriram os requisitos especificados;
PQ-CINT-12 <i>Ação Corretiva</i>	Visa documentar as condições desfavoráveis à qualidade e identificar as causas e execução da ação corretiva para prevenir a repetição da condição;
PQ-CINT-13 <i>Manuseio, Armazenamento, Embalagem e Expedição</i>	Estabelece diretrizes de como manusear, armazenar, embalar e expedir corretamente os equipamentos, prevenindo danos ou deterioração;
PQ-CINT-14 <i>Registros da Qualidade</i>	Estabelece diretrizes identificar, preencher, arquivar e para armazenar corretamente os registros, para fornecer evidência documentada da qualidade dos produtos e serviços fornecidos;
PQ-CINT-15 <i>Auditorias Internas da Qualidade</i>	Estabelece diretrizes gerais acerca das revisões periódicas e sistemáticas, de modo a verificar o cumprimento dos requisitos;
PQ-CINT-16 <i>Treinamento</i>	Visa assegurar a manutenibilidade seu Sistema da Qualidade através do treinamento de pessoal.

Fonte: Elaborado pela autora

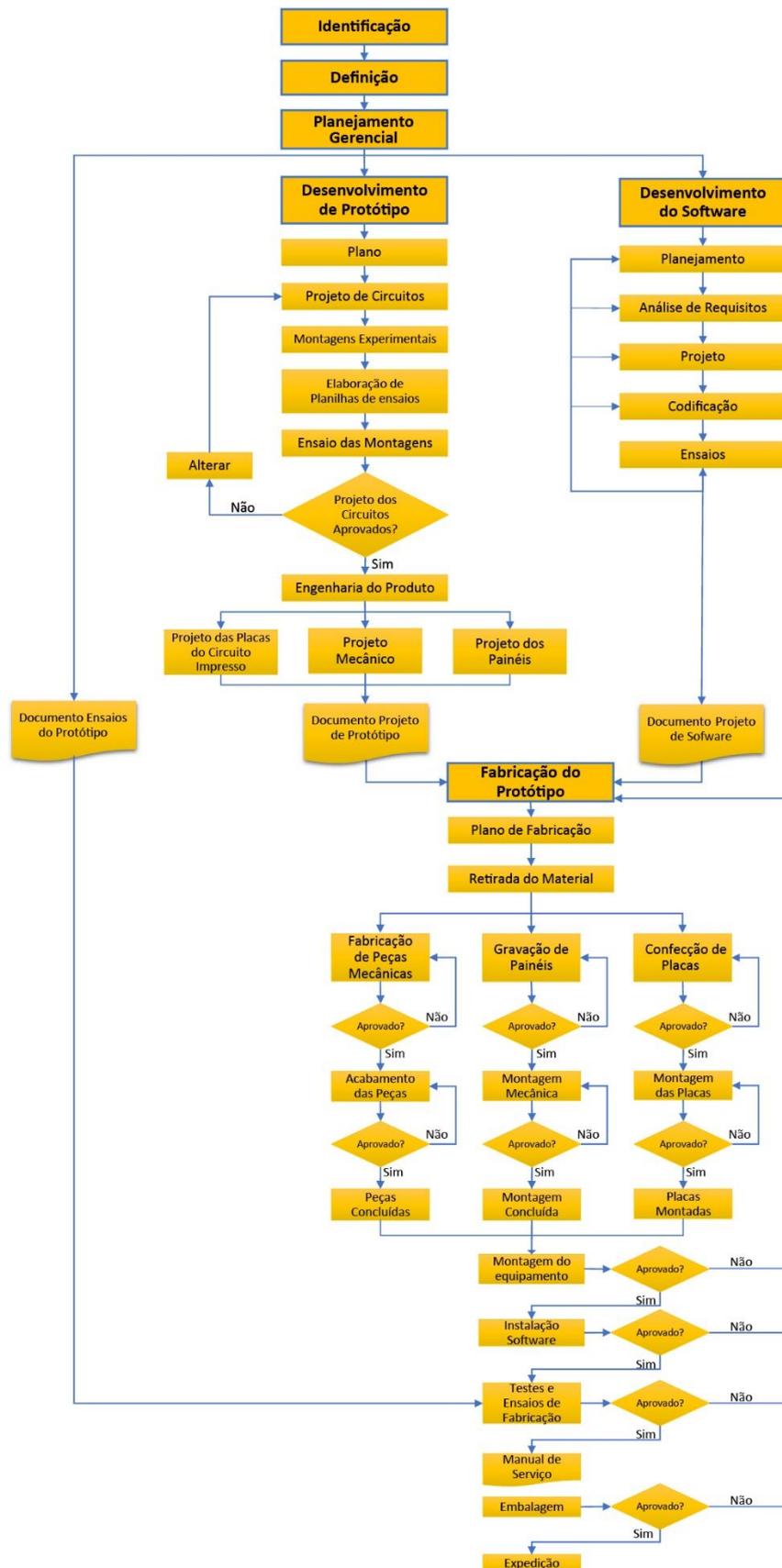


Figura 9 - Fluxo do processo dos procedimentos da Instrumentação do IEN, 1990
 Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o fluxo do processo dos procedimentos da instrumentação do IEN, as seguintes etapas eram adotadas:

- *Identificação de projeto*: era a fase inicial, em que o coordenador atribuía o nome e a função do equipamento;
- *Definição do projeto*: o engenheiro responsável elaborava o documento contendo a origem do desenvolvimento, o órgão solicitante, a finalidade do produto, equipamentos similares e outras especificidades e características operacionais;
- *Planejamento gerencial*: abrangia informações referentes a equipe de projeto, equipamentos de inspeção, medição e ensaio e outras responsabilidades;
- *Desenvolvimento de protótipo*: consistia na execução do projeto e elaboração dos documentos correspondentes. As atividades adotadas eram:
 - Plano de desenvolvimento: apresentava um cronograma contendo todas as etapas do desenvolvimento com indicação dos responsáveis;
 - Projeto de circuitos: estão as especificações, memória de cálculo e desenhos elétricos dos circuitos;
 - Montagens experimentais: validava as informações de modo a evitar a propagação de erros ao longo do projeto;
 - Planilhas de ensaios: indicava os ensaios realizados e apresentava os resultados obtidos;
 - Ensaios de montagem: os ensaios validam as montagens experimentais;
 - Engenharia do produto: são enfatizados os aspectos relacionados ao design do protótipo associado a sua operacionalidade, segurança e instalação;
 - Projeto de placas de circuito impresso: os desenhos gerados e verificados por um técnico corroboravam para a confecção de fotolitos;
 - Projeto Mecânico: desenvolvido pela equipe do projeto em conjunto com o desenhista e o técnico responsável pela oficina mecânica;
 - Projeto dos painéis: definia a distribuição dos componentes e das inscrições dos painéis. Era desenvolvido pelo engenheiro responsável em conjunto com o desenhista, utilizando como referência as definições do protótipo geradas nas reuniões, além de croquis;
 - Documento de projeto: Com o cumprimento de todas as atividades do processo de Desenvolvimento de protótipo o engenheiro responsável elaborava um documento contendo o resultado das reuniões e desenhos elétricos, desenhos para fabricação de placas, desenhos de montagem mecânica e fabricação de peças;
- *Desenvolvimento de Software*: Esta etapa consistia nas seguintes atividades:
 - Planejamento: Apresentava um cronograma com todas as etapas do desenvolvimento com indicação dos responsáveis;
 - Análise de requisitos: análise das informações relativas ao software com o objetivo de estabelecer uma descrição completa do software que seria desenvolvido;
 - Projeto do software: detalhava-se a arquitetura do software, estruturas de dados, interfaces com o usuário e detalhes procedimentais;

- Codificação: traduzia as informações do Projeto do Software para a linguagem de programação;
- Ensaios do software: verificava e validava o software;
- *Fabricação do protótipo*: a fabricação era realizada de modo a verificar a conformidade dos ensaios do projeto de protótipo e consistia nas atividades adiante:
 - Plano de Fabricação do Protótipo: Apresenta um cronograma de todas as etapas da fabricação;
 - Retirada de material do almoxarifado: Controle da retirada de material necessária para a fabricação;
 - Fabricação de peças mecânicas: realizada por pessoal qualificado e com recursos técnicos e ambiente de trabalho adequados;
 - Acabamento de peças mecânicas: Consiste na pintura, anodização e niquelagem;
 - Gravação de painéis;
 - Confeção de placas de circuito impresso;
 - Montagem de componentes em placas de circuito impresso;
 - Montagens mecânicas;
 - Montagem do protótipo;
 - Instalação do software;
 - Testes de fabricação do protótipo: caso fosse aprovado pela equipe seguindo a lista de verificação e validação de requisitos, estaria apto para ter o manual de projeto;
- *Manual de Serviço do equipamento*: o produto projetado pelo engenheiro responsável passa a ter um manual de serviço contendo especificações e instruções para instalação, operação e manutenção, além das características de projeto;
- *Embalagem*: As embalagens eram projetadas de forma a evitar os efeitos nocivos de choque, vibração, danos físicos, maresia, condensação, das mudanças climáticas e limite de empilhamento;
- *Expedição*: Após embalados os equipamentos eram entregues pelo Supervisor à secretaria que por sua vez dava baixa na ordem de serviço e encaminhava os equipamentos através de memorando.

Com base no detalhamento das etapas dos procedimentos verificou-se que os processos relacionados ao desenvolvimento do equipamento eram centrados na funcionalidade do produto e caso esse não fosse aprovado, o protótipo retornava para as etapas anteriores para que fosse aprimorado. Os itens de verificação que buscavam a aprovação através do engenheiro responsável possuíam apenas características técnicas relativas ao protótipo, assim como os ensaios que averiguavam a relação de funcionamento e comportamento do equipamento, cuja afinidade com o entendimento, manuseio e usabilidade não era considerada. Não foi verificado no processo um procedimento ou etapa correspondente à geração de alternativas de protótipo,

caso o projeto devesse ser mudado. Ainda que houvesse reuniões através do Grupo de Engenharia do Produto (GEP) discutiam-se todas as definições do anteprojeto do protótipo, além de especificidades do equipamento relacionadas a funcionalidade.

Apesar da centralidade na função do produto ou serviço realizado durante o desenvolvimento de equipamentos, há vestígios em que o usuário foi considerado no processo, como no projeto do software, no destino do manual de serviço e na elaboração de croquis. A etapa do projeto de software estabelecia uma preocupação com o usuário durante os ensaios através de requisitos de desenvolvimento que buscavam reduzir o esforço do projetista. A elaboração do manual de serviço de um produto era um procedimento que disponibilizava as informações para guiar o usuário durante a instalação, operação, manutenção e testes. E por fim, o projeto de painéis era desenvolvido pelo engenheiro responsável em conjunto com o desenhista industrial, os quais elaboravam croquis antes da construção do protótipo. Nesse contexto, a carência de procedimentos que incluíssem o usuário deixava de ser um fator estimulante no projeto, assim como a presença de uma equipe de profissionais engajados tenderia a evitar perdas e retrabalhos desnecessários.

4.1.3. Método adotado a partir de 2003

Atualmente, a metodologia de desenvolvimento adotada pela SEINS está mais flexibilizada diante das novas demandas de projetos de instrumentação nuclear. A equipe está mais direcionada para desenvolver produtos menores e familiarizada com projetos do seguimento da radioproteção e sistemas menores. Com o término da produção em série em 2003, os procedimentos de desenvolvimento do protótipo utilizados desde 1990 deixaram de ser seguidos e aos poucos uma nova metodologia de concepção foi moldada a partir de pesquisas e da colaboração dos especialistas de engenharia de fatores humanos de outro setor do IEN, o recém criado Serviço de Engenharia de Salas de Controle (SEESC). Antes, cada etapa do processo era realizada exclusivamente por um profissional, entretanto na atual metodologia os especialistas colaboram nas atividades de outros.

O processo metodológico do desenvolvimento de protótipo do IEN (Figura 10) visa que a equipe do projeto participe da prática de design e ergonomia participativa do equipamento, de modo que as ideias e princípios fundamentais sejam agregados interativamente (SANTOS et al., 2011).

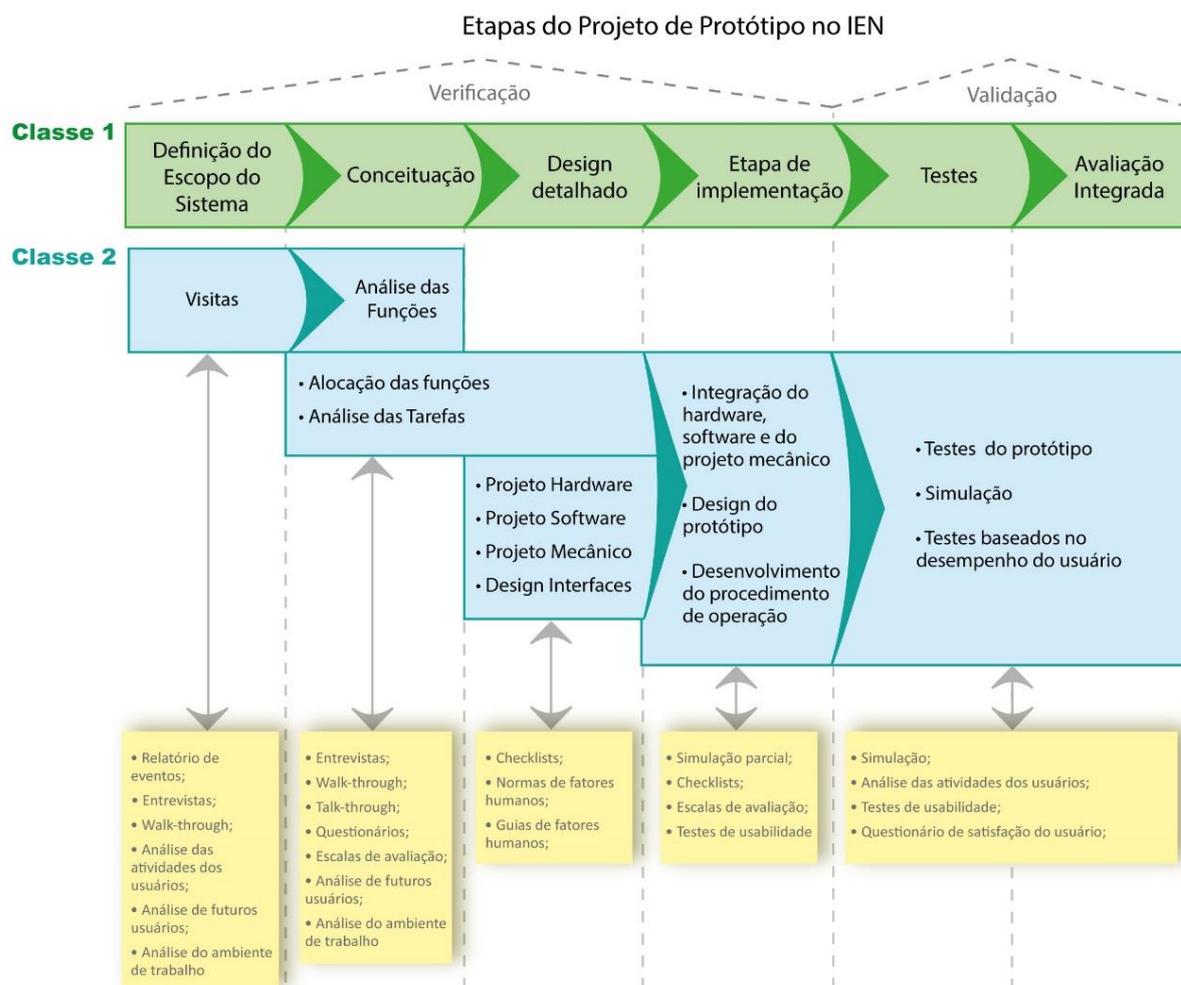


Figura 10 - Etapas do projeto de protótipo do IEN

Fonte: FARIAS et al. (2009)⁴

A nova metodologia abordada pela SEINS foi estruturada a partir do Padrão ISO 13407 (Atual ISO-9241) que fornece abordagens e requisitos organizacionais de projeto na qual as atividades são centradas no usuário (FARIAS et al., 2009; ISO-9241, 2010). A primeira classe do processo relaciona-se às fases do projeto e, ao mesmo tempo, se procede a segunda classe que se refere às especificidades das etapas de modo que as alocações dos requisitos façam parte de um processo colaborativo. Ainda assim, as etapas ou fazem parte de um processo de verificação, ou validação. A verificação avalia os conceitos e requisitos estabelecidos durante o processo de desenvolvimento (FARIAS et al., 2009), enquanto a validação averigua através de testes com protótipos a conformidade dos requisitos aplicados de modo que os usuários consigam operá-los e os objetivos do projeto sejam alcançados (SANTOS et al., 2015).

⁴ Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/057/41057376.pdf>. Acesso em: 6 de maio de 2018

O início do projeto de protótipo na Instrumentação do IEN é promovido por reuniões entre os profissionais onde se discutem sobre demandas concernentes a pesquisa de mercado, suprimento dos produtos já existentes ou até desenvolver novos equipamentos. Esse momento é estabelecido como a etapa de definição do escopo do projeto, que envolve discussões entre a equipe para estudar o que será projetado, fomentando, ainda, os objetivos e aspectos técnicos e sociais (BAEK; MERONI; MANZINI, 2015; BOWEN et al., 2016).

Durante a fase de conceituação, analisa-se e aloca-se as funções para especificar as responsabilidades dos usuários pretendidos e classificam as funções em automatizadas ou não; verifica os requisitos para o bom desempenho das tarefas e as descreve de modo que sejam detalhadas. Essa etapa, além de identificar os problemas, visa criar e desenvolver conceitos e especificidades que otimizam as funções, a relevância e a aparência de produtos ou sistemas em benefício dos usuários envolvidos (FARIAS et al., 2009; KIM; LEE, 2010).

A etapa de design detalhado está relacionado ao projeto de hardware, software e mecânico e ao design de interfaces (FARIAS et al., 2009). Essa etapa além de focar no design funcional, procura atender aos requisitos estabelecidos na etapa anterior, considerando normas e fatores com abordagens centradas no usuário.

A etapa de implementação verifica os requisitos conceituados na fase anterior de modo que o hardware, projeto mecânico e interfaces sejam integrados (FARIAS et al., 2009). O sistema lógico projetado é acondicionado para uma linguagem de programação e as interfaces e projeto mecânico dão forma e visibilidade ao sistema.

Os testes e avaliação integrada fazer parte de uma revisão em que o protótipo é testado funcionalmente com usuários representativos de modo que estes forneçam um feedback para que os projetistas refinem o que está sendo desenvolvido (TAFPE, 2015). Os testes são realizados em laboratórios do IEN com os usuários para garantir a conformidade com os requisitos para que, então, o protótipo seja validado (FARIAS et al., 2009).

Os projetos não seguem, necessariamente, à risca as etapas concebidas, como identificado na figura 10. A ideia desse método é formalizar o processo de desenvolvimento, havendo exceções quando lidam com equipamentos que comportam substâncias químicas. O projeto de protótipo do dosímetro com diodo resistente a danos de radiação (Figura 11), por exemplo, começou a partir de testes laboratoriais de leitura de doses para que, então, pudesse voltar para as etapas de anteriores do desenvolvimento.



Figura 11 - Protótipo de Dosímetro baseado em diodo
Fonte: SEINS, IEN

Toda a documentação dos protótipos desde a definição do projeto, definição do software até os manuais de serviço é redigido pelo engenheiro responsável ao longo do desenvolvimento, visto que vez que essa documentação é necessária para a transferência de tecnologia. Ainda assim, o processo de licenciamento (Figura 12) é iniciado, também, durante o desenvolvimento do protótipo logo após o projeto possuir o manual de serviço contendo as especificações e instruções necessárias para instalação, operação e manutenção



Figura 12 - Etapas do licenciamento do protótipo no IEN
Fonte: Elaboração Própria

Mesmo que as etapas licenciamento ocorram durante o desenvolvimento do equipamento, ainda assim, de acordo com as entrevistas realizadas no SEINS esse procedimento pode levar quase dez anos para que a patente seja concedida. Atualmente, apenas o Monitor Modular Remoto de Radiação está pronto para a transferência de tecnologia e sua concessão de patente já foi depositada no sistema para o licenciamento.

4.2. O Design no projeto de instrumentação nuclear: o caso do Instituto de Engenharia Nuclear

As recomendações para implementação de um programa de engenharia de fatores humanos nos projeto de usinas também ecoaram em outros ramos da indústria nuclear, embora não com a mesma abrangência, em função dos requisitos regulatórios que envolvem o projeto de usinas nucleares. Na fabricação de instrumentos usados na área nuclear, que envolve instrumentos para

medição dos diversos tipos de radiação ionizante e com aplicação em diversos industriais e na medicina também houve um maior interesse nos aspectos de fatores humanos.

No período de fabricação dos equipamentos, o setor da instrumentação do IEN integrava em sua equipe engenheiros, desenhistas industriais e técnicos em mecânica e eletrônica onde todos faziam parte de uma determinada etapa dos antigos procedimentos operacionais. Reuniões entre o grupo eram realizadas regularmente para discutir as especificidades do equipamento e, ainda assim, foi notado que constantes retrabalhos eram gerados dado que as atividades eram baseadas em experiências tácitas mesmo que houvesse procedimentos a serem seguidos. Visto que os equipamentos fabricados no IEN possuíam características padronizadas, parecia não haver discussões que explorassem as diferentes disciplinaridades. Segundo Stompff, Smulders e Henze (2016), uma equipe que explora soluções geralmente complexas precisa agir coletivamente no desenvolvimento e refletir a interação entre as disciplinas. Embora o serviço de instrumentação nuclear do IEN (SEINS) não buscasse soluções através de equipes multidisciplinares, seu foco nas décadas de 1980 e 1990 era atender o mercado e por esse motivo o engajamento da instituição era a produção em série.

Num dado momento, período que ainda se empregavam os procedimentos operacionais concebidos pelo próprio setor de instrumentação do IEN a partir de 1990 até 2003, o desenhista industrial, que era essencial para o desenvolvimento dos equipamentos, deixou de fazer parte da instituição. Nesse contexto, o desenhista industrial lidava com diferentes disciplinas para atingir um objetivo comum, possuindo, ainda, uma função interdisciplinar (KIM; LEE, 2010). Ainda que o designer daquela época realizasse tarefas técnicas e padronizadas, houve momentos em que ele cumpria suas atividades com a colaboração de engenheiros, como na elaboração de croquis. O desenhista industrial do IEN poderia ser considerado um designer engenheiro porque está relacionado com os projetos mecânicos e componentes internos (KIM; LEE, 2010) e lida com a funcionalidade do produto com fatores técnicos (KIM; LEE, 2010 apud Lindbeck, 1994), assim como o design do layout (KIM; LEE, 2014 apud ULRICH & EPPINGER, 2012).

Com a dispensa do desenhista industrial, os engenheiros se sobrecarregaram com atividades que seriam de designers. Seus valores no design do produto se sobrepuseram e a extensão de suas funções foram moldadas no processo de design dos equipamentos (KIM; LEE, 2014). Dessa maneira, o pessoal procurou interagir com o ambiente acadêmico e esse momento se iniciou com a nova abordagem da metodologia de projeto a partir de 2003. A interação entre os profissionais do prédio da instrumentação passou a ficar mais notória com a implementação

dos laboratórios LABHIS e LABUCH que fomentou, respectivamente, a pesquisa científica para desenvolver interfaces avançadas para salas de controle de centrais nucleares e projetos de sistemas centrados no usuário. De certa forma, a tendência em direção a pesquisas mais aplicadas resultou em projetos científicos multidisciplinares, requisitando ainda mais as habilidades da equipe do que um único profissional (DUYSBURGH et al., 2012 apud HAGSTROM, 1964).

A interação com a universidade ocorreu por meio de programas de iniciação científica que buscou estudantes de design na Escola de Belas Artes da UFRJ, de modo que essa relação auxiliasse nos projetos de instrumentação e promovesse a pesquisa científica nas áreas de ergonomia, usabilidade e tecnologias tridimensionais. A partir desse momento, com a interação de estudantes de designers de produto nos projetos, a prática de design passou a enfatizar a aplicação de requisitos ergonômicos e a responsabilidade pelo esboço inicial do projeto físico e desenhos mecânicos (SANTOS et al., 2011). Além disso, as atividades dos designers se alinharam na melhoria da experiência do usuário em torno do produto (KIM; LEE, 2014 apud ULRICH & EPPINGER, 2012).

O designer esteve presente no IEN desde da era da fabricação dos equipamentos até o momento. Ainda que essa especialidade tenha um senso voltado para arte e métodos que tornem os produtos esteticamente atraentes para os usuários finais (KIM; LEE, 2010), esse profissional desempenhou diferentes abordagens ao longo dos anos. Entre 1990-2005, os *stakeholders*⁵ não possuíam uma comunicação articulada referente ao processo criativo porque a concepção dos equipamentos tendia a seguir um padrão. Isso indica que as equipes dialogavam acerca da comparação de produtos existentes para selecionar suas ideias durante a seleção de conceitos (TOH; MILLER, 2015). Ademais, pode-se dizer que o que chegou mais próximo da prática de geração de ideias foi o momento da elaboração de croquis pelo desenhista industrial e que essa atividade resultava em apenas uma proposta. O desenhista industrial, durante a produção em série de instrumentação, atuou como um designer engenheiro (KIM; LEE, 2014) pois desenvolvia o design do layout de equipamentos e interagia com a mecânica dos dispositivos. Já os estudantes de design que vieram fazer parte da equipe da instrumentação do IEN nos últimos anos, passaram atuar não só como um agente com apelo estético, mas um profissional que interage com a equipe para aprimorar seus conhecimentos e os aplica na interface do

⁵ *Stakeholders* são grupos de indivíduos relacionados com o projeto ou produto.

produto, relevando a experiência do usuário, além de aplicar conceitos de ergonomia e confiabilidade (KIM; LEE, 2014 apud PAHL ET AL., 2007; HUBKA & EDER, 1996).

Nota-se que a multidisciplinaridade está presente nos últimos anos no desenvolvimento de protótipos e na pesquisa científica no IEN. A equipe tem atuado fundamentalmente com interação na busca de resultados centrados no usuário e com aumento na facilidade do uso. Nesse processo, o designer se mostra como um influenciador positivo no desenvolvimento de equipamentos por aplicar conhecimentos ergonômicos, conceitos de usabilidade, habilidades criativas e tecnológicas (GEMSER; LEENDERS, 2001).

4.2.1. O projeto centrado na funcionalidade do equipamento

Foi possível verificar que durante a fabricação dos equipamentos do IEN, através da aplicação dos procedimentos entre 1990 e 2003, o processo de desenvolvimento era centrado no próprio produto ao destacar a preocupação na sua funcionalidade. Ainda assim, houve etapas em que a equipe se reunia para discutir sobre os requisitos técnicos do equipamento e em que engenheiros auxiliavam desenhistas industriais na elaboração de croquis. Essa prática de manter o foco na funcionalidade do produto pode estar alinhada aos conceitos educacionais de engenharia que tendem a enfatizar a busca por soluções comprovadas na área (KAZEROUNIAN; FOLEY, 2007; TOH; MILLER, 2015).

Um estudo realizado na Universidade de Connecticut pelos pesquisadores Kazem Kazerounian e Stephany Foley (2007), avaliou a percepção e criatividade de estudantes de engenharia e os resultados mostraram que houve ênfase na eficiência e na dependência no embasamento de soluções antigas em relação à inovação e aprimoramento de projetos. Embora a prática de se reunir e auxiliar de modo colaborativo na geração de conceitos sejam técnicas do design participativo (MORAES; SANTA ROSA, 2012), as discussões ocorridas na época que adotava os antigos procedimentos no IEN eram voltados para as especificações funcionais do equipamento e estes eram baseados em produtos padrões.

Após a implementação da nova metodologia de desenvolvimento de protótipo no IEN, verificou-se que as etapas passaram a não ser mais centradas no equipamento e a interação do processo com o usuário e membros da equipe mostram características e práticas do design centrado no usuário. Ainda assim, a ausência de um especialista em desenho industrial no setor interfere no estímulo da criatividade (TOH; MILLER, 2015), visto que designers industriais influenciam significativamente no desenvolvimento de novos produtos (GEMSER; LEENDERS, 2001).

4.2.2. HCD no projeto de Instrumentação Nuclear

Nos últimos anos, o IEN tem adotado a abordagem de design centrado no usuário em seus projetos (por exemplo: FARIAS et al., 2017, 2009, SANTOS et al., 2011, 2013, 2015) a fim de alcançar eficiência no que foi projetado através do entendimento das necessidades dos usuários. Isso pode ter ocorrido a partir de projetos de desenvolvimento de interfaces de controle de reatores nucleares que visam tornar os sistemas interativos mais utilizáveis sobre o uso.

De acordo com o projeto “Design Centrado no Ser Humano nas Interfaces Humano-Sistema de um Equipamento Médico: Sistema de Captação da Tireoide” (MONTEIRO et al., 2013) desenvolvido no IEN, o HCD abordado como metodologia indica que os usuários participam ativamente de todas as etapas do projeto. Segundo o trabalho, o envolvimento dos usuários ocorreu através de um processo iterativo, onde as pessoas foram expostas ao equipamento nos variados estágios de desenvolvimento e testes, além dos feedbacks obtidos para refinar o projeto. À vista disso, embora conste no projeto que os usuários foram parceiros ativos durante todo o processo de design, essa intervenção não ocorre por meio de ferramentas de projeto ou pela designação de funções aos usuários. Talvez a abordagem HCD não tenha sido corretamente aplicada ao explicitar que os usuários foram ativos, visto que atuantes no processo de desenvolvimentos são agentes que atuam como especialistas no projeto e utilizam ferramentas. Ainda assim, os usuários foram agentes consultados em vários momentos para estabelecer suas necessidades e requisitar seus anseios e suas perspectivas, mas sob um ponto de vista passiva ao interpretar o artigo.

4.2.3. Design participativo no projeto de Instrumentação Nuclear

Nas últimas décadas, os projetistas e pesquisadores tem se aproximado cada vez mais dos futuros usuários (SANDERS; STAPPERS, 2008), como é o caso do IEN. A partir de 2003, com a introdução da nova abordagem metodológica o SEINS juntamente com outros laboratórios como LABUCH e LABIHS realizaram diversos projetos e pesquisas (por exemplo: (CARVALHO; SANTOS; VIDAL, 2008; FARIAS et al., 2017; MONTEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2013, 2015) com a colaboração de diferentes especialistas, incluindo, ainda, usuários finais no desenvolvimento. Essa prática buscava que os projetos alcançassem resultados satisfatórios aos usuários através da reunião de expertise dos especialistas e requisitos dos usuários. Esse processo de interação onde são compartilhados valores e interesses no desenvolvimento do projeto (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013) e busca por resultados

eficientes, eficazes e satisfatórios (FARIAS et al., 2017) estão vinculados à prática de design participativo e suas conexões, como o design colaborativo ou co-design e o design centrado no usuário (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Tendo em vista que com o término da produção em série e início o licenciamento de projetos, o setor de projetos da instrumentação passou a se aproximar dos usuários finais, buscando abordagens no que as pessoas precisavam. No projeto do sistema de captação da tireoide (MONTEIRO et al., 2013), por exemplo, é enfatizada a abordagem do usuário centrado no usuário e ainda assim há aspectos do design participativo porque segundo o artigo do trabalho, usuários são envolvidos ativamente no desenvolvimento dos sistemas e na análise dos sistemas. Embora haja práticas do design participativo nesse projeto, essa abordagem não é vista como o próprio conceito de design participativo e sim como ergonomia participativa.

O projeto de um do novo fluorímetro desenvolvido no IEN aborda o método centrado no usuário (FARIAS et al., 2009) através de testes baseados em usuários, entrevistas, questionários, listas de verificações, análise das atividades e testes de usabilidade, como também é explicitado o uso de diretrizes de fatores humanos para incluir usuários finais no processo de desenvolvimento. E como já visto, o design centrado no usuário projeta para o usuário e este atua como agente passivo (SANDERS; STAPPERS, 2008). Nesse sentido, o trabalho do fluorímetro não nomeia os critérios utilizados como técnicas do design participativo, dado que essa abordagem considera o usuário como agente ativo no desenvolvimento.

Embora a interação do usuário seja de vital importância para os projetos da instrumentação nuclear devido a consideração dos fatores humanos para minimizar erros e aprimorar o desempenho humano, nota-se que o projeto do sistema de captação da tireoide e do fluorímetro não documentou sobre o termo “design participativo”. Isso pode ter ocorrido pela especificidade inerente a esse prática, por ser um conceito distante daquilo que é visto no setor ou por existir poucas referências na literatura sobre a diferenciação de práticas do design que interagem com usuários durante o processo de desenvolvimento de um projeto.

4.3. Análise de Projetos específicos

4.3.1. Telemetedor Dectec: uma proposta de redesign

Telemetedor Dectec: uma proposta de redesign foi um projeto final de graduação de desenho industrial finalizado em 2017 e realizado sob orientação do Instituto de Engenharia nuclear. A proposta envolveu resenhar um equipamento já existente com o intuito de modernizá-lo e integrar características ergonômicas e estéticas. O telemetedor é um equipamento que detecta a presença de uma fonte radioativa e mede taxas de exposição de determinadas radiações ionizantes. O projeto integrou a concepção virtual até a construção do seu protótipo que, atualmente, se encontra no laboratório de Instrumentação Nuclear do IEN. Foi desenvolvida uma pesquisa sobre o estado da arte dos equipamentos encontrados no mercado nacional e foi observada uma carência de exemplares desse produto. O projeto abordou o design participativo onde especialistas participaram durante várias etapas processo de desenvolvimento, como entrevistas para reunir as necessidades e anseios dos usuários em relação ao equipamento, junção de ideias para auxiliar na concepção e por fim testes de usabilidade. A partir de uma série de referências análogas, esboços foram construídos e evoluídos até modelagens tridimensionais (Figura 13).

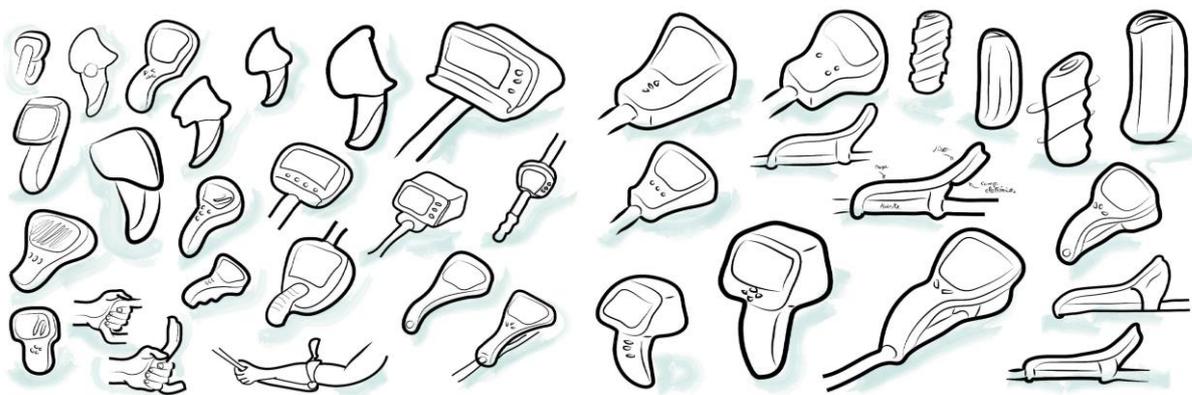


Figura 13 - Esboços do Telemetedor

Fonte: *Telemetedor Dectec: Uma Proposta de redesign* (FARIAS, 2017)

As alternativas geradas foram desenvolvidas e classificadas a partir de fatores de design como critérios de avaliação para alcançar soluções detalhadas, prototipadas, simuladas e materialmente especificadas. Foram geradas quatro alternativas baseadas em sketches e analogias a outros (Figura 14). A partir disso, considerando o prazo e custo material, pelo menos

dois esboços foram selecionados afim de serem prototipados. Nesse processo de seleção das ideias os fatores que influenciaram na escolha das soluções foram:

- *Praticidade*: diz respeito a capacidade do produto atender a uma necessidade de uso;
- *Confortabilidade*: ser ergonômico e confortável afim de melhorar a produtividade;
- *Portabilidade*: Ser facilmente manuseável e transportável em relação a estrutura;
- *Dimensão*: relacionado o tamanho adequado para ser utilizado em diversas atividades;
- *Intuitivo*: Cultiva padrões comuns a outros projetos e ser agradável esteticamente;
- *Confiável*: transmite credibilidade e segurança ao usuário;
- *Sucinto*: Apresentar informações suficientes para o uso, o que facilita a realização das atividades e manuseio.



Figura 14 - Processo criativo do Telemedidor

Fonte: Telemedidor Dectec: Uma Proposta de redesign (FARIAS, 2017)

Uma análise estatística foi realizada para selecionar duas ideias perante quatro propostas e estudos de quartis foram aplicados a partir do conjunto de observações ordenadas. Os modelos que suportavam a haste telescópica foram os mais enquadrados diante dos requisitos relacionados aos fatores de design (Figura 15).

Alternativas geradas	Requisitos Avaliativos						
	Funcionais		Estruturais		Estéticos		
	Prático	Confortável	Portátil	Dimensão	Intuitivo	Confiável	Sucinto
	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende	Não atende	Atende
	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende	Não atende	Atende
	Atende	Atende	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende
	Atende	Atende	Atende	Não atende	Atende	Atende	Atende
Atende aos requisitos	Modelo 1 = atende 57% dos requisitos		Modelo 3 = atende 71,4% dos requisitos				
Não atende aos requisitos	Modelo 2 = atende 57% dos requisitos		Modelo 4 = atende 85,7 % dos requisitos				

Figura 15 - Processo de seleção das ideias através de fatores do design
 Fonte: Telemididor Dectec: Uma Proposta de redesign (FARIAS, 2017)

Os modelos 3 e 4 foram selecionados por atenderem aos fatores propostos pelo projeto. A finalidade da prototipagem dos dois modelos se destinou à uma avaliação de usabilidade pelos especialistas do IEN a fim de selecionar a opção que mais atendesse às necessidades do usuário (Figura 16,17).



Figura 16 - Processo de prototipagem

Fonte: Telemididor Dectec: Uma Proposta de redesign (FARIAS, 2017)

Para definir o modelo que mais atendesse aos anseios dos usuários, foi desenvolvida uma ficha de avaliação da usabilidade dos modelos a partir de uma série de critérios dispostos na escala likert de cinco pontos, e que foram respondidos por dez usuários do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). Segundo a apuração da avaliação da usabilidade, o modelo amarelo se destacou por ter agradado na maioria dos critérios inseridos na ficha da avaliação, além do feedback obtido por cada profissional que testou o equipamento como simulação de uma operação. Além disso, as observações relatadas pelos usuários interviram nos ajustes e melhorias nas etapas posteriores do projeto do telemididor, como a especificação dos materiais do equipamento e alterações mínimas na estrutura para atender aos anseios.

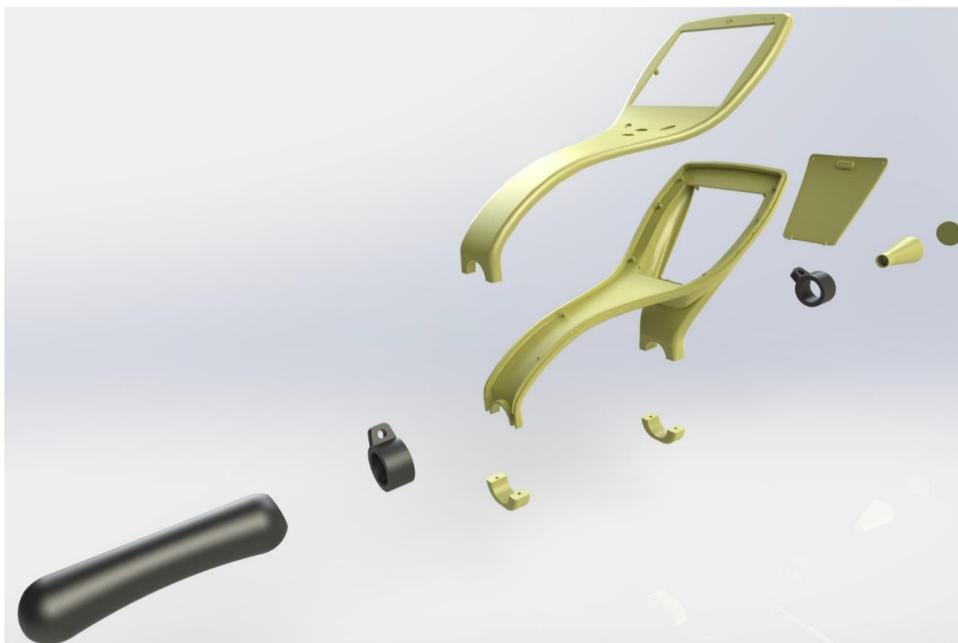


Figura 17 - Detalhes do Telemetro

Fonte: Telemetro Dectec: Uma Proposta de redesign (FARIAS, 2017)

O objetivo geral do projeto foi proporcionar o redesign e os objetivos específicos foram: que o produto possuísse características de portabilidade, no qual o equipamento fosse facilmente transportado ao ser manuseado; que o Telemetro fosse multifuncional, servindo tanto para as atividades de emergência, quanto para as atividades de monitoramento rotineiro; que ele transmitisse confiabilidade ao operador, através de critérios mencionados por usuários; e que ele fosse ergonômico, proporcionando uma atividade mais eficiente e confortável. Foi verificado, através do feedback dos usuários que participaram no processo do projeto que os propósitos foram alcançados através dos fatores de design bem definidos desde o começo, além de análises, avaliações e simulações dos especialistas. A participação de usuários priorizou as necessidades, expectativas e condicionamentos. Com isso, cada etapa do projeto consultou-se pessoas representativas do público-alvo, buscando a realização de um produto aliado à técnica e sensibilidade a fim de resultados que criassem empatia e identidade.

O conhecimento sobre os fatores de desenvolvimento, cabíveis como requisitos gerais do projeto do telemetro, foi determinante para formalizar o processo de concepção e seleção da ideia, buscando o resultado que realmente atendesse às necessidades dos usuários. Ainda assim, a seleção de conceitos pode ser crítica no processo de desenvolvimento de produtos quando não for estabelecido os fatores concernentes ao projeto no início do projeto, mesmo que modificações surjam ao longo das etapas. Selecionar a ideia promissora nesse projeto, visto que foi gerada mais do que uma, não se tornou um processo complexo porque a fatores foram

definidos, facilitando, dessa forma, a tomada de decisão dos projetistas em relação às soluções projetadas. Ademais, os fatores de design auxiliaram a suprimir as tendências que surgiram no processo de desenvolver, como dúvidas e preferências dos projetistas.

4.3.2. Monitor Modular Remoto de Radiação MMRR 7032

O projeto do monitor MMRR 7032 passou por um processo de alteração na forma física ao longo do seu desenvolvimento, que embora não houvesse um prazo de projeto a ser cumprido, o cronograma poderia ter sido otimizado evitado caso houvesse um planejamento de requisitos bem definidos e geração de alternativas que pudessem ser avaliadas por diferentes especialistas afim de selecionar a melhor solução.

De acordo com o projeto, os monitores de radiação são sistemas que monitoram a exposição de indivíduos e do ambiente a fontes de radiação ionizantes. A complexidade elétrica e funcional desse equipamento pode ser variada diante da diversidade de sua aplicação. Monitores complexos geralmente possuem dimensões maiores e permanecem fixos e em locais estratégicos para monitorar o ambiente. Além disso, eles suportam elevados níveis de radiação e níveis aceitáveis para os indivíduos, onde os dados de monitoração são enviados para outros sistemas eletrônicos distantes do ambiente monitorado, como acontece numa sala de controle de um reator nuclear. Por outro lado, o monitores mais simples podem ser compactos e portáteis com a finalidade de acompanhar o usuário em transição de um ambiente exposto à radiação ionizante e, em caso de alta exposição, os alarmes visuais e sonoros dos monitores alertam o indivíduo quanto ao risco.

Foi visto que os custos de projeto e produção industrial de um monitor estão inerentes à complexidade técnica e funcional e que monitores complexos são caros, fazendo com que as aplicações de monitoração mais simples sejam dificultadas. Sob outra perspectiva, monitores mais simples, mesmo com custos barateados, não atendem às necessidades técnicas mais complexas. Com isso, a ideia do projeto era desenvolver um monitor simples e barato, mas que atendessem às necessidades técnicas de aplicações mais complexas mesmo que os custos de projeto e produção industrial fossem conectados as complexidades técnicas e funcionais desse equipamento.

Inicialmente a ideia do projeto, mesmo que englobasse um sistema complexo enquadrado na minimização de custos, foi planejado para atender uma forma física simples contendo

sistemas eletrônicos para detecção e alarme, visualização e históricos de monitoração e comunicação. Após a idealização do primeiro modelo de monitor, a equipe concordou que se o equipamento integrasse módulos com os sistemas separados podendo abranger diferentes aplicações de acordo com uma determinada combinação de módulos, o projeto atenderia aos fatores de custo, usabilidade e viabilidade técnica em que o usuário passaria a solicitar os módulos que fossem necessários em função das operações de trabalho.

Dessa forma, o equipamento foi novamente idealizado, mas em módulos independentes, interligados por um barramento de dados intermodular. A definição de quantos e mais módulos o monitor é constituído é provido pela demanda da aplicação que se destina. E assim, o equipamento passou a atender às necessidades funcionais de aplicação com menor custo de produção, com garantia de dimensões mínimas, menor consumo de energia e sem custo de projeto (Figura 18).



Figura 18 - Monitor MMRR 7032

Fonte: SEINS

O dispositivo tido como MMRR 7032 passou a ser um monitor modular remoto de radiação, cabível como um sistema eletrônico microprocessado, compacto e totalmente portátil, com a função de monitorar radiações ionizantes cujos dados da monitoração são disponibilizados para outros sistemas eletrônicos distantes fisicamente, em que a comunicação é realizada por um canal eletrônico com ou sem fio, constituindo, dessa forma, uma rede múltipla de monitores modulares remotos. O equipamento tem um encaixe em forma de cascata e inclui o módulo principal, que sempre estará presente no local em que foi instalado; o módulo de comunicação por rede (opcional); e o módulo de intertravamento, onde existe um dispositivo

que em função da radiação pode adicionar um alarme externo, relé ou chave, como por exemplo, em função do reator pode vir a acionar o seu desligamento. A modularidade permite que o equipamento adicione finalidades diferentes, mas sempre voltada para a segurança e integridade do usuário. Outro exemplo de aplicação do monitor MMRR 7032, foi o acionamento de chave eletromagnética para manter uma porta de chumbo fechada caso exista radiação numa célula de processamento.

Portanto, a característica modular foi requisitada ao longo do projeto para viabilizar que o usuário solicite os módulos que são necessários para integrar no ambiente de trabalho e minimizar os custos. Foi notado que essa alteração de concepção do equipamento foi afetado por uma omissão de definição de requisitos no processo inicial do design. Caso a equipe de projeto do Monitor MMRR tivesse estabelecido os fatores envolvidos no design do equipamento, eles teriam evitado o retrabalho de elaborar outra concepção e poderia facilitar a seleção da ideia.

4.3.3. Análise dos projetos

Nota-se que os fatores projetuais ou fatores de projetos, muitas vezes entendidos como critérios ou requisitos gerais podem impactar a percepção ao longo do projeto, ou seja, quando os fatores de design são notados, há uma influência perceptível em relação às características do produto ou sistema.

O projeto do telediodor estabeleceu um planejamento fiel sobre a ideia do que se pretendia elaborar. Ainda que houvesse pequenas alterações no modelo final, as mudanças não foram relevantes. Foi desenvolvido um estudo à fundo sobre o estado da arte do equipamento, além de analisar os ambientes no qual o produto estaria inserido e quais pessoas poderiam usá-lo. Com isso, o projeto definiu os objetivos gerais e específicos que guiou o desenvolvimento na pesquisa de referências análogas para que os esboços fossem elaborados até que as ideias se moldassem. A integração dos fatores de design foi determinante para avaliar os modelos desenvolvidos porque auxiliou os usuários a visualizarem os aspectos de cada solução. O fator de design relacionado a portabilidade, por exemplo, estava associado ao requisito do equipamento de ser manuseável e transportável. Através do projeto do telediodor é possível confirmar o que foi visto na literatura em relação a cultura organizacional de projetos quando os fatores de design são notados. Sendo assim, esse processo de visualização dos fatores de

design auxiliou o processo de tomada da decisão do conceito que satisfazia aos objetivos propostos do redesign do telediodor.

Ainda que não descritos, o projeto do monitor modular integrou fatores de design relacionados ao custo, segurança viabilidade técnica e simplicidade que influenciaram na forma do equipamento. Esse processo de reconhecimento dos fatores de design foi notado pelos projetistas ao longo do desenvolvimento e após já ter desenvolvido uma proposta não modular. Mas, com o anseio de alcançar o objetivo principal de reduzir os custos, o projeto foi repensado até que a característica de modularidade fosse integrada. Esse retrabalho poderia ter sido evitado se no planejamento do projeto fatores tidos como pré-requisitos fossem mais esclarecidos no processo de desenvolvimento.

Sendo assim, nota-se que os fatores de design são essenciais pois denotam as características do produto e influenciam nos valores intrínsecos relacionados a tomada de decisão do projetista ou do usuário que participa do processo. O fator de design parece ser um item necessário para oferecer suporte na aplicação dos aspectos do que é projetado, ou seja, é como um pré-requisito para auxiliar formalizar e selecionar a ideia, influenciando, dessa maneira, as decisões que ocorrem ao projetar ou avaliar o projeto.

4.4. Fatores de Design e Seleção de Conceitos na instrumentação nuclear

Segundo TOH et al. (2015), o processo de seleção de conceitos numa equipe pode ser um dos estágios mais complexos e críticos de um projeto de engenharia bem-sucedido, visto que as tomadas de decisões durante a seleção de ideias podem ter um grande efeito na direção do projeto. No setor da Instrumentação do IEN, a ideia de um projeto eletrônico e de software é aprimorada em função do que o usuário deseja, bem como a observação de falhas e desempenhos pelos especialistas da equipe. Quando o projeto visa desenvolver um produto, o processo de gerar inúmeras ideias não é evidente. Acontece que os projetistas da instrumentação do IEN esboçam uma ideia, definem determinadas especificidades técnicas de projeto, como tamanho, entradas e outros, e através desse processo informal de concepção os técnicos elaboram um modelo ou até um protótipo. De acordo com os engenheiros do setor, quando a ideia recebe uma forma, eles ficam satisfeitos com a solução inicial e geralmente não ela sofre mudanças relevantes.

Compreende-se então que, a cultura organizacional dos projetos no setor da instrumentação considera a geração e seleção de ideias através de um processo informal (ULRICH; EPPINGER, 2000), e que pode existir tendências, consensos e avaliações pessoais que influenciam as tomadas de decisões (KICHUK; WIESNER, 1997). Visto que uma multidisciplinaridade de fatores devem ser considerados no estágio de ideação, a manipulação desse processo pode ser complexa para a equipe de projeto (TOH et al., 2015). Estudos empíricos (como por ex: BUSBY, 2001; OKUDAN; TAUHID, 2008; RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010; XIAO; PARK; FREIHEIT, 2011) investigam o detalhamento dos fatores e no contexto da seleção de ideias para compreender sobre as tendências presentes no processo de escolha das soluções de projeto. Esses estudos também orientam sobre a formalização na adoção de métodos, assim como as características de determinadas equipes de projeto.

A seleção de conceitos ajuda os projetistas a restringir o espaço da solução e seleciona as ideias mais promissoras para satisfazer o objetivo (KING; SIVALOGANATHAN, 1999). Ainda assim, os engenheiros, por exemplo, tendem a selecionar opções convencionais ou anteriormente bem-sucedidas durante o processo de seleção de conceitos devido ao risco inerente aos conceitos relacionados a princípios de criatividade (TOH; MILLER, 2016b). Nota-se no SEINS que a prática de conceitos criativos aplicados em seus projetos é pouco explorada, além disso não se sabe como ocorre a filtragem dos princípios que influenciam na seleção dos conceitos no desenvolvimento dos protótipos. Apesar disso, poucos estudos relatam que a seleção de conceitos (NIKANDER; LIKKANEN; LAAKSO, 2014; TOH; MILLER, 2015, 2016b) realizado por engenheiros projetistas indicam que esses profissionais tendem a considerar em maior escala a viabilidade técnica das ideações (TOH; MILLER, 2015).

Os subtópicos a seguir fundamentam como as questões foram formuladas para serem aplicadas no questionário.

4.4.1. Viabilidade Técnica

Estudos recentes (como por exemplo: STARKEY; TOH; MILLER, 2016; TOH; MILLER, 2015; ZHENG; RITTER; MILLER, 2018) mencionam que equipes de projeto tendem a selecionar ideias baseadas na viabilidade técnica em detrimento da criatividade ou de ideias menos viáveis (RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010). A abordagem da viabilidade técnica, geralmente, é mais enfatizada no processo de geração de ideias (SHAH; SMITH;

VARGAS, 2003) assim como os fatores de eficácia e comparação de conceitos (TOH; MILLER, 2015).

Tendo em vista que, nos últimos anos, o IEN tem adotado a abordagem de design centrado no ser humano nos projetos (por exemplo: FARIAS et al., 2017, 2009, SANTOS et al., 2011, 2013, 2015), o propósito é desenvolver produtos e sistemas desejáveis e viáveis para os usuários e para a instituição. Nesse sentido, para oferecer a melhor experiência ao usuário em relação aos recursos e funcionalidade, uma equipe deve trabalhar em conjunto com os clientes para explorar e definir os componentes do projeto (IDEO, 2015). Assim, a equipe poderá lidar com as restrições de uma melhor maneira, atendendo às necessidades do usuário e aos objetivos do projeto (FENN; HOBBS, 2017). Sob o fundamento de que ao pensar na viabilidade técnica do projeto através das experiências dos futuros usuários que auxiliam na definição dos objetivos e restrições a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas do SEINS: ***O produto/sistema da instrumentação nuclear atende as necessidades do usuário com relação a funcionalidade.***

Ao incorporar a viabilidade técnica no projeto, projetistas estão incorporando a própria essência da engenharia (SHAH; SMITH; VARGAS, 2003). Isso pode ocorrer porque o estudo que incorpora a viabilidade técnica no projeto abrange pensamentos sobre os recursos e requisitos conhecidos e exigidos para alcançar os objetivos do projeto (BAUSE et al., 2014). Segundo Kim e Lee, (2016), projetistas de engenharia reúnem tecnologias relevantes para revisar e testar a viabilidade do conceito afim de que todas as partes funcionais sejam indispensáveis. Isso ocorre pelo fato de que cursos de engenharia se concentram no rigor técnico e nas soluções convencionais de projeto durante a graduação (KAZEROUNIAN; FOLEY, 2007), reforçando, dessa forma, o foco na viabilidade técnica durante esse processo (TOH; MILLER, 2015). Com isso, a seguinte afirmação foi aplicada no questionário para verificar a concordância dos projetistas: ***Princípios de engenharia sempre são aplicados no projeto de produto/sistema da instrumentação nuclear.***

Bause et al., (2014) e Nemeth (2004) argumentam que a viabilidade técnica corresponde aos recursos e tecnologias disponíveis para o desenvolvimento, compra, instalação ou operação para cumprir os requisitos do projeto. Assim, ideias inviáveis podem não ser implementadas diante de meios não existentes ou disponíveis (RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010) enquanto que para alcançar soluções criativas e inovadoras, além de ter um desenvolvimento bem-sucedido exigem maiores investimentos e, caso isso não seja possível, a ideia tende a ser eliminada no início do processo de design (ELING; LANGERAK; GRIFFIN, 2015). Sob esses

fundamentos, a seguinte questão foi aplicada ao questionário: *A tecnologia necessária para criar um produto /sistema está disponível ou é alcançável no instituto para atender às demandas.*

4.4.2. Usabilidade

A usabilidade é uma reconhecida como uma crítica para o sucesso de um sistema ou produto interativo (NEMETH, 2004). Para Nielsen (2012), a usabilidade é um atributo de qualidade que avalia a facilidade do projeto, como também se refere a métodos para melhorar a facilidade do uso durante o processo de design. Ela auxilia no projeto de produtos mais utilizáveis, pois os objetivos e as necessidades dos usuários são entendidos (MIASKIEWICZ; KOZAR, 2011). A usabilidade também é uma maneira como as organizações pensam e usam fatores humanos no desenvolvimento de produtos (NEMETH, 2004). Os objetivos gerais da usabilidade abrangem a eficiência, eficácia e satisfação, enquanto que os objetivos específicos ou qualidades incluem a aprendizagem, operabilidade, flexibilidade, memorabilidade e atratividade (MAGUIRE, 2001; NEMETH, 2004). A partir desses objetivos, se salienta nesse momento a operabilidade ou suporte, porque ela tem como função apoiar os usuários durante toda a interação e ajudá-los a superar os problemas que possam ocorrer (MAGUIRE, 2001). O processo de avaliar a usabilidade inclui testes com usuários através de um facilitador responsável pela preparação das atividades, condução do teste, entrevistas ao participante e compilação dos dados coletados (NEMETH, 2004). Nesse contexto, os testes de usabilidade podem ser influenciados diante de algumas situações, como por exemplo, quando o cenário de uso real pode não ser simulado com 100% de precisão (ANDREAS, 2010) ou, então, quando os testes de usabilidade ocorrem com funcionário da empresa relacionada e com colegas de trabalho, gerando, assim determinadas tendências de respostas (MORTENSEN, 2018). Pode haver situações em que funcionários ou colegas da empresa compreendam satisfatoriamente o produto ou sistema, ou respondam positivamente aos testes porque eles os conhecem. Sob as interferências que podem ocorrer em testes de usabilidade, foi verificada com os projetistas do IEN a concordância da seguinte afirmação: *Minha relação com futuros usuários auxilia os testes de usabilidade.*

Visto que a usabilidade é um fator cada vez mais importante e que influencia como os usuários e projetistas escolhem entre diferentes produtos ou sistemas (FREIRE; AREZES; CAMPOS, 2012), a avaliação desse fator é um processo delicado que demonstra exigir perícia de uma ampla gama de domínios de conhecimento (ZHOU; CHAN, 2017). Incertezas podem

estar inerentes no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias, como o resultado de cada atividade, a reação do mercado, os custos de desenvolvimento, o feedback do projeto (HUCHZERMEIER; LOCH, 2001; SILVA; SANTIAGO, 2009). Além disso, pressões podem ocorrer e obrigar a equipe a realizar testes em períodos de tempo inadequados para obter informações necessárias (NEMETH, 2004). Segundo Hornbæk (2006), há uma fraqueza em relação á técnicas que abordem incertezas que podem vir a contribuir para a usabilidade. Para Zhou e Chan (2017), a maioria dos métodos de usabilidade depende do julgamento humano sobre os atributos de um produto que, conseqüentemente, não leva em conta as incertezas inerentes a esses pensamentos. Com isso, foi verificada a seguinte afirmação pelos projetistas do SEINS em relação aos projetos: ***O desenvolvimento de um produto/sistema pode ser reavaliado diante de incertezas que podem ser geradas quanto a usabilidade.***

Durante a pesquisa de campo, foi observado que com o término da produção em série em 2003, os procedimentos de desenvolvimento do protótipo utilizados desde 1990 deixaram de ser seguidos e aos poucos uma nova metodologia de concepção foi moldada a partir de pesquisas e da colaboração dos especialistas do SEESC. Atualmente, a metodologia de projeto adotada pelo SEINS está mais flexibilizada após a interrupção da fabricação em série. A equipe de projeto passou a desenvolver menos projetos e está familiarizada com a instrumentação para radioproteção e sistemas menores. Enquanto que, para projeto mais complexos, como o RMB, embora a equipe seja capacitada, ela tende a recatar seu comprometimento porque carecem de especialistas e recursos provindos do governo federal, atenuando, dessa forma, o desenvolvimento da tecnologia e pesquisa no setor da Instrumentação do IEN. Os testes e avaliação integrada fazem parte de uma revisão em que o protótipo é testado funcionalmente com usuários representativos de modo que estes forneçam um feedback para que os projetistas refinem o que está sendo desenvolvido (TAFPE, 2015). Os testes são realizados em laboratórios do IEN com os usuários para garantir a conformidade com os requisitos para que, então, o protótipo seja validado (FARIAS et al., 2009). Sob o contexto de que a metodologia de projeto do SEINS é flexibilizada, e que essa formalização não é necessariamente seguida; de que pode haver exceções quando lidam com equipamentos que comportam substâncias químicas; e interferências como falta de recursos, foi verificado com os projetistas se durante os testes os critérios de usabilidade são atendidos, como: eficiência, eficácia, satisfação, aprendizagem, operabilidade, flexibilidade, memorabilidade e atratividade (MAGUIRE, 2001; NEMETH, 2004). Com isso, a seguinte afirmação foi aplicada: ***As metodologias de projeto/sistemas da instrumentação nuclear atendem os critérios de usabilidade.***

4.4.3. Eficiência

Em termos interação no desenvolvimento do projeto, a eficiência auxilia em algumas considerações práticas, como possibilitar a concluir uma entrevista rapidamente e converter seus resultados de forma útil (NEMETH, 2004). Nesse sentido, na prática de design colaborativo a equipe pode aprender com os usuários que participam do processo de desenvolvimento, ou seja, os resultados podem refletir que a eficiência do processo de design pode ser melhorada com a participação e colaboração de usuários (YALMAN; YAVUZCAN, 2015). Como visto anteriormente nessa pesquisa, o SEINS tem abordado práticas de design participativo em seus projetos e sob o fundamento de que a habilidade de comunicação interpessoal pode melhorar a eficiência e precisão do projeto (NEMETH, 2004), a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas: *As interações com os usuários promove um melhor desenvolvimento do produto/serviço da instrumentação nuclear.*

A eficiência no gerenciamento de projeto se refere a melhorar parte do processo de desenvolvimento, aprimorar as competências para a execução do projeto e realizar as etapas de forma mais adequada diante dos recursos disponíveis (LAMPEL, 2001; SUNDQVIST; BACKLUND; CHRONÉER, 2014). Até 2003, foi verificado que o SEINS utilizava um método de projeto com a centralidade na função do produto ou sistema. O método era padronizado e seguido à risca para guiar o usuário nas variadas etapas de operação e qualidade do equipamento. Após 2003 e até o momento, o SEINS segue uma metodologia de projeto mais flexibilizada e informal porque a equipe participa de todas as etapas de desenvolvimento do produto se necessário, diferentemente da metodologia anterior, onde cada função era exercida por profissionais diferentes. A equipe desenvolve produtos menores e sob demanda de instituições governamentais ou clientes particulares. Com os anos, a metodologia foi moldada a partir de pesquisas e agora passa a ter uma abordagem participativa onde os especialistas colaboram nas atividades que forem necessárias. Sob o contexto de que o SEINS utiliza uma metodologia de design participativo e que, conseqüentemente, essa abordagem contribui para a eficiência do processo de desenvolvimento e interação da equipe, foi verificado a seguinte afirmação: *Me sinto confiante diante das metodologias de projeto da Instrumentação nuclear que são utilizadas.*

Visto que o SEINS não tem um método formalizado para o desenvolvimento de projetos, o Instituto apenas integra uma orientação baseada em estudos que auxiliam o processo das etapas (FARIAS et al., 2009). Ainda assim, os projetos incluem critérios de usabilidade e guias de fatores humanos porque lidam com sistemas e equipamentos complexos da área nuclear.

Nesse cenário, o setor da instrumentação tem como base o método apresentado no trabalho: The Users Centered Design of a New Digital Fluorometer e o que lhes convém como mais padronizado são as normas como a NUREG-700 e NUREG-711 que compilam diretrizes baseadas em aspectos de engenharia de fatores humanos e que auxiliam na revisão de projetos de reatores nucleares. A documentação relacionada ao projeto é realizada pelo engenheiro responsável ao longo do desenvolvimento, visto que é necessária para a transferência de tecnologia e o licenciamento do protótipo é iniciado após o projeto possuir um manual de serviços contendo as especificações e instruções necessárias para instalação, operação e manutenção. Métodos de projetos bem definidos são meios poderosos para coletar, usar e avaliar informações, além disso, orientam os projetistas a em uma ampla variedade de aplicações (NEMETH, 2004). Os pesquisadores Roedl e Stolterman (2013) argumentam que a maioria dos métodos de projetos não é aplicada devido à falta de reconhecimento ou aplicabilidade a contextos do mundo real. Ainda assim, métodos e abordagens refletem em como os profissionais organizam e negociam suas atividades no processo de design e, com isso, esses procedimentos podem assumir várias formas de suporte, mantendo eficiência nas atividades de projeto (SCHØNHEYDER; NORDBY, 2018). Sob esses fundamentos, a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas do SEINS: *É importante que o IEN estabeleça um fluxo de métodos para auxiliar as etapas dos projetos.*

4.4.4. Eficácia

Segundo Maguire (2001) a eficácia se refere à medida em que o produto se comporta da maneira que os usuários pretendem usá-lo e isso processo pode ser medido quantitativamente com a taxa de erros. Nesse sentido, a eficácia é o grau de sucesso com o qual os usuários atingem seus objetivos. Para Andreas (2010), a eficácia representa a exatidão e a completude com as quais o usuário pode atingir as metas, enquanto que a eficiência representa os recursos gastos em relação à precisão e integridade com que os usuários atingem as metas. Nesse sentido, a eficácia de um trabalho pode ter um impacto na qualidade do produto ou serviço da empresa, determinando, ainda, a reputação e satisfação do cliente. De acordo com Al-maskari e Sanderson (2010), a satisfação do usuário é uma variável que pode sofrer influências da eficácia do sistema, da eficácia do usuário, do esforço do usuário e das expectativas do usuário. A partir disso, a seguinte questão foi aplicada aos projetistas do SEINS para verificar o grau de concordância: *É importante que os usuários se sintam satisfeitos com o que projetamos.*

Em relação a eficácia em termos de uma boa interação da equipa para alcançar melhores resultados, estudos afirmam que os aspectos comportamentais contribuem para a eficácia da equipe de projeto, visto que o comportamento é uma característica de interesse no processo de design (PEETERS et al., 2007). Outros estudos apontam que a abordagem multidisciplinar em equipes de projeto está intimamente relacionada à eficácia percebida nas práticas de design centrado no usuário (MAO et al., 2005). Nesse cenário, a seguinte afirmação foi formulada aos projetistas do SEINS: ***A comunicação entre os projetistas faz com que os projetos gerem bons resultados.***

Além dos fundamentos do parágrafo anterior, evidências sobre os benefícios de trabalhar em equipe incluem maiores aprendizados, desenvolvimento de pessoas e organizações, melhor utilização de recursos e planejamento, minimização de custos e melhoria no desempenho (CHOI; PAK, 2006). Com isso, percebe-se que o desempenho dos fatores que influenciam a realização fluida nas etapas de projetar motiva a equipe de projeto e, conseqüentemente, tendem a alcançar melhores resultados. Influências como oportunidades de treinamento e desenvolvimento, condições de trabalho, relação trabalhador-empregador, segurança no emprego e procedimentos de recompensas motivam funcionários afetando seu desempenho (HAFIZA; SHAH; JAMSHEED, 2011). O compromisso contínuo, contribuições, dedicação e esforços fazem parte de um desempenho eficaz do funcionário quando ele é reconhecido e motivado (BOYE KURANCHIE-MENSAH; AMPONSAH-TAWIAH, 2016). Com isso, a seguinte afirmação foi aplicada aos entrevistados dessa pesquisa: ***A existência de critérios motivacionais propicia um melhor rendimento no ambiente de trabalho e conseqüentemente melhores resultados.***

4.4.5. Analogia à produtos existentes

Este fator de projeto está relacionado à facilitação na tomada de decisão da equipe de modo a compreender os elementos de um novo projeto baseado em projetos que já foram desenvolvidos. O processo de considerar analogias à produtos existentes tendem a relacionar soluções comprovadas pela engenharia, reutilizar sistemas e processos existentes ou projetar soluções semelhantes a outros projetos.

De certa forma, o uso da analogia em projetos é uma estratégia cognitiva que auxilia o projetista a estabilizar o conhecimento de domínio (GOLDSCHMIDT, 2001). Um estudo realizado na Universidade Central de Lancashire (CHRISTENSEN; BALL, 2016) apoia

descobertas sobre o compartilhamento dos conhecimentos através da estratégia análoga para produzir novos projetos. Nessa pesquisa, duas hipóteses foram validadas através do compartilhamento de ideias de uma equipe de projetistas em que analogias foram discutidas através dos diferentes domínios educacionais dos indivíduos, o que ocasionou o aumento do diálogo da equipe, assim como o número de revisitas às analogias. Assim, o estudo ressaltou a importância de que os projetistas se basearam em seus conhecimentos de domínios para gerar ideias análogas facilitando a transferência da solução.

A partir da análise sobre o uso de referências análogas no desenvolvimento de projetos no sentido de que esse fator promove mais diálogo e contribui para o fomento do conhecimento a seguinte afirmação será aplicada no questionário: *Os diferentes domínios educacionais de uma equipe heterogênea otimiza o diálogo e aprofunda o conhecimento*. Esta afirmação verificará a relevância deste fator para o projetista da instrumentação em relação à sua equipe, seja formada por diferentes especialistas ou usuários de outros ambientes que venham a interagir com o desenvolvimento do projeto.

Referências análogas também estão relacionadas a etapa de geração de ideias de um projeto, pois esse método permite a produção de novos conceitos (GONÇALVES; CARDOSO; BADKE-SCHAUB, 2014). Ainda que a capacidade de produzir ideias novas e originais a partir do nada esteja relacionada à criatividade, um dos mecanismos que contribui para o surgimento de novas ideias é considerar analogias no projeto (BONNARDEL, 1999), ou seja, novas ideias são inspiradas em projetos anteriores. Nesse sentido, surge um questionamento que gerou a segunda afirmação do questionário relacionado ao fator da analogia à conceitos existentes: *o desempenho de um projeto existente inibe as soluções de novos projetos*. O nível de concordância ou discordância dos projetistas do IEN em relação à essa afirmação irá verificar se um projeto que já foi desenvolvido por eles tendem ou não a aplicar características anteriores ou reutilizar sistemas ao desenvolver novos projetos.

Estudos recentes defendem que a analogias permitem a criação de ideias por meio de princípios comuns entre a referência e a solução alvo (GONÇALVES; CARDOSO; BADKE-SCHAUB, 2014). Ainda assim, é notória a similaridade de projetos no SEINS, como por exemplo os instrumentos de medição de radiação, e essa similaridade que é uma característica referente a projetos antecessores ofusca, de certa forma, a criatividade e inovação do setor da instrumentação. Talvez a analogia presente nos projetos do SEINS esteja mais relacionada à uma familiaridade (AKRAMI; FAIZI; MORADI, 2017) ou à um valor simbólico do que na

busca pela inovação, e para verificar essa questão a seguinte afirmação será abordada no questionário: *Os projetos do instituto possuem mais características análogas do que inovadoras.*

4.4.6. Robustez

O design de um produto, como um sistema, por exemplo, deve realizar a prevenção de problemas de modo que os erros não cheguem a ocorrer, eliminando, assim, as condições de gerar outros erros ou solicitando que o usuário intervenha (NIELSEN, 2005). Nesse sentido, o projeto tende a ser mais tolerante a falhas e essa característica torna o sistema/produto mais robusto (PECHANSKY, 2011). No sentido literal da palavra, a robustez além de significar aquilo que é forte e vigor (“Dicionário Aurélio de Português”, 2018), também está relacionada à segurança. Em um produto, com a expectativa de já conter carcaças robustas, tendo o design duradouro e material resistente, é necessário que o projeto ofereça segurança acima do caráter físico, em que seus armazenamento de dados possam ser seguros e passíveis de acesso e recuperação (RAZZAGHI; RAMIREZ; ZEHNER, 2009), buscando, assim, a sensação de uma interação prazerosa entre o usuário e o dispositivo. A partir deste fundamento, a seguinte questão foi formulada para ser aplicada ao questionário: *A robustez do projeto está além da qualidade do material e sua durabilidade. Ela está atrelada à segurança através do armazenamento de dados, promovendo um sistema/produto robusto.*

Por outro lado, a robustez de um projeto também depende do engajamento da equipe através de uma comunicação em que processos e ferramentas bem definidas que são essenciais para a compreensão das perspectivas ao projetar (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). Nesse sentido, é relevante que a estrutura da equipe de projeto domine e compartilhe seus conhecimentos para que o resultado seja esperado e com essa fundamentação a seguinte afirmação será verificada no questionário: *Processos e ferramentas bem definidas permitem que os envolvidos no projeto expandam a compreensão de suas perspectivas e prioridades colaborando para uma comunicação da equipe mais robusta.*

Ainda no sentido amplo da palavra, a robustez relacionada ao ambiente de trabalho está na concentração da equipe nos interesses e práticas compartilhadas para alcançar os objetivos. Segundo Simonsen e Robertson (2013), um ambiente de trabalho que adota práticas robustas para alcançar sucesso nos projetos, vai além de interesses em comum, ela apoia o envolvimento de ideias compartilhadas e aprimora as condições da atividade de projetar. Logo, esse princípio

organizador que aborda a robustez pode estar relacionada ao engajamento da equipe com os meios disponíveis. Com isso, a seguinte afirmação será verificada de acordo com a concordância dos projetistas do IEN: *O instituto apoia a prática coletiva em torno dos interesses de projeto permitindo um desenvolvimento mais robusto.*

4.4.7. Preferências

O fator “preferências” está relacionado aos valores intrínsecos, prioridades, simpatia ou favoritismo das partes interessadas do projeto (NIKANDER; LIIKKANEN; LAAKSO, 2014). Designers industriais, por exemplo, tendem a favorecer suas ideias de projetos em seus próprios valores, assim os projetos, de alguma forma, refletem seus valores internos e o que eles consideram importante ou o que deveria ser levado em conta em qualquer solução (HOLM, 2006). Quando se trata de um projeto que aborda práticas de design colaborativo, onde usuários participam ativamente do processo de concepção, sabe-se que os colaboradores intervêm no projeto através de métodos e ferramentas apoiadas pelos projetistas (VISSER et al., 2005). Nesse contexto, surge a seguinte questão: Quando usuários ou colaboradores externos participam de um projeto no SEINS, as soluções que tendem a ser melhores do que as soluções idealizadas pelos próprios projetistas? Para verificar essa dúvida, a será aplicado no questionário a seguinte afirmação: *As soluções preferenciais de usuários agregam mais benefícios no projeto.* Posteriormente, para analisar a concordância em relação as preferências de ideias que são projetadas pelos próprios projetistas e que, por alguma eventualidade ao longo do desenvolvimento, a solução inicial pode vir a não sofrer modificações, a seguinte afirmação será aplicada: *As preferências dos projetistas são levadas em conta em qualquer situação.*

Quanto à preferência de ideias relacionada ao ambiente de trabalho, determinadas influências como recursos limitados, prazos e cultura organizacional podem vir a apresentar desafios para gerar uma determinada solução preferencial (TOH; MIELE; MILLER, 2015). À vista disso, será verificada pelos projetistas a seguinte afirmação: *Recursos limitados e prazos podem afetar a continuidade de determinadas preferências de soluções.*

4.4.8. Comparação de ideias

O processo de comparação e contraste de informações é comum em equipes de designers porque eles desempenham um papel importante na tomada de decisões das alternativas dos conceitos gerados (TOH; MILLER, 2015). Há, ainda, estudiosos que mostram que processos

cognitivos envolvidos na análise de semelhanças e na tomada de decisões estão intimamente conectados (MARKMAN, 1995). Cada vez mais projetistas e futuros usuários tem se aproximado em projetos que abordam o design participativo (SANDERS; STAPPERS, 2008). Essa prática tem sido adotada pelo IEN para que os resultados obtidos sejam satisfatórios para todos os envolvidos e essa a interação entre projetistas e usuários são compartilhados valores e interesses de projeto (SIMONSEN; ROBERTSON, 2013). Com a colaboração de usuários e colaboradores externos nos projetos do SEINS, cabe à essa pesquisa, também, verificar o nível de concordância dos projetistas em relação à colaboração de outros quanto à agregação de valor do que se projeta. A seguinte afirmação será analisada: *Os envolvidos no projeto, como usuários finais ou colaboradores externos, com diferentes níveis de especialização e experiências possuem objetivos diferentes, mas ainda assim agregam mais valor no projeto.*

À vista de que a comparação de ideias está relacionada à similaridade (TOH; MILLER, 2015), os envolvidos tentam gerar as ideias de forma contínua, onde sucessão das informações compartilham da semântica (NIJSTAD; STROEBE; LODEWIJKX, 2002). Equipes, frequentemente, utilizam as discussões para comparar os méritos e desvantagens de cada ideia gerada, eliminando, também, aquilo que é redundante, afim de tomar a decisão adequada (TOH; MILLER, 2015). A partir deste fundamento, a seguinte afirmação será verificada quanto à consideração dos projetistas entrevistados: *Comparar ideias pode facilitar mais do que dificultar as tomadas de decisões no projeto porque podemos considerar os méritos e as desvantagens de cada ideia.*

Outra questão relevante é a similaridade dos projetos desenvolvidos no SEINS, como os equipamentos de medição de radiação que possuem sistemas e objetivos parecidos, mas com formas diferentes ou os painéis desenvolvidos para os bastidores das salas de controle. Logo, a comparação de ideias abordada no setor se conecta com o princípio da similaridade que auxilia na padronização das características do projeto no setor da instrumentação. Essa padronização como característica dos projetos, também pode estar atrelada a redução da complexidade no desenvolvimento e na diminuição de custos (CHAKRABARTI; LINDEMANN, 2015). Para verificar essa questão a seguinte afirmação será aplicada no questionário: *Os projetos do setor da instrumentação são similares e isso ajuda a padronizar as soluções de projetos.*

4.4.9. Novidade

A novidade está relacionada ao incomum ou inesperado em comparação com outras ideias (SHAH; SMITH; VARGAS, 2003). Numa equipe, os projetistas experientes podem ser influenciados por objetos que lhes são familiares, mesmo que esses objetos não sejam, a priori, o que pretende desenvolver (BONNARDEL, 2000). Engenheiros que costumam trabalhar nos mesmos produtos ao longo de muitos anos acumulam experiências e conhecimentos em um determinado domínio e para se alcançar objetivos novos precisam aplicar heurísticas no desenvolvimento do projeto (YILMAZ et al., 2014). Com a abordagem do design participativo e design centrado no ser humano cada vez mais presente nos projetos de áreas diversas (SANDERS; STAPPERS, 2008), estudos têm apontado que usuários finais e colaboradores externos são identificados como desenvolvedores de inovação relevantes em produtos e processos (HARHOFF; HENKEL; VON HIPPEL, 2003). Sob esses fundamentos, a seguinte afirmação será aplicada aos projetistas do SEINS: ***Partes interessadas nos projetos que não são engenheiros geralmente tem ideias inovadoras.***

Sobre o fator de novidade em relação aos projetistas, embora a criatividade seja importante para projetos de engenharia, muitas vezes, os projetistas tendem a selecionar opções convencionais ou anteriormente bem-sucedidas devido ao risco inerente associado ao que é novo (TOH; MILLER, 2016b). A preferência por alternativas convencionais pode ser realizada inconscientemente (DIJKSTERHUIS, 2004) e, de acordo com estudiosos (como por exemplo: MUELLER; MELWANI; GONCALO, 2012; RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010), isso ocorre porque pode haver um viés inadvertido contra a criatividade, além disso existem dúvidas por parte dos usuários sobre se uma ideia nova é prática, isenta de erros ou útil (TOH; MILLER, 2016 apud AMABILE, 1996). Com isso, a seguinte afirmação será verificada no questionário: ***Prefiro soluções convencionais do que ideias novas e criativas.***

Para relacionar o ambiente de trabalho com o fator de novidade, foi observado que o SEINS desenvolveu projetos com características padronizadas, o que de certa forma implica na questão de inovação. Ainda que pareçam divergentes, os termos de inovação e padronização em projetos andam juntos porque os padrões são como facilitadores para alcançar novas ideias (BLIND, 2013). Projetos como painéis para bastidores de salas de controle e interfaces de usuários atendem às normas, padrões e recomendações existentes na comunidade nuclear porque qualquer erro ao manipular ou interpretar os sistemas pode provocar riscos para o ser humano e para o meio ambiente (SANTOS et al., 2013). Ainda assim, para os projetos destinados à

produtos manipuláveis, como os equipamentos de radioproteção, não há uma grande restrição de requisitos de projeto. Os projetos que têm sido desenvolvidos nos últimos anos, como o telemetador, monitores de radiação, fluorímetro e sistema de captação da tireoide foram e estão sendo desenvolvidos com a abordagem de Design Centrado no Usuário, além de aplicar questões de ergonomia física (FARIAS, 2017; FARIAS et al., 2009; MONTEIRO et al., 2013). Ainda que não haja requisitos de padronização que intervenham nas ideias ao projetar os equipamentos citados, a padronização pode ser um mecanismo benéfico para a integração no desenvolvimento de projetos (GERUNDINO, 2014). Para analisar a característica dos projetos desenvolvidos no SEINS em relação a novidade a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas: *O instituto desenvolve mais soluções com pequenas variações sobre o que vem produzindo do que soluções desafiadoras.*

4.4.10. Estética

A estética está relacionada à atratividade do produto, incorporando mudança nos aspectos técnicos e funcionais do projeto, como também, na reorientação de um conteúdo sensorial mais profundo (VENKATESH et al., 2012). Há um efeito entre a estética e a usabilidade que se refere a tendência dos usuários de perceber produtos atraentes como mais utilizáveis, mesmo que o projeto seja mais eficiente e eficaz, elas acreditam que aquilo que parece melhor, funciona melhor (MORAN, 2017). Embora usuários venham a desfrutar de um bom projeto e responder emocionalmente a eles, eles podem não conseguir articular seus anseios pela influência estética (VENKATESH et al., 2012). À vista de que a estética pode influenciar o desempenho do usuário, a seguinte afirmação foi aplicada no questionário aos projetistas: *A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário.*

Como mencionado na introdução desta pesquisa, após a cessão da fabricação em série dos equipamentos da Instrumentação do IEN houve diminuição no desenvolvimento e os projetos passaram a ser realizados sob demanda ou sob estudos científicos. Além disso, é notório que existem duas características aparentes nos projetos de instrumentação, como os dispositivos de radioproteção, que é a padronização e robustez e, de certa forma, isso tem relação com a aparência. A sensação de solidez dos equipamentos da instrumentação pode ser criada pela plenitude robusta de material pesado, faces pontiagudas e cores sólida (PHAM, 1999). As condições em que os produtos se submetem tem relação com radiações e isso pode ter analogia com as potências visuais que sugerem estabilidade e força. Por outro lado, projetos de interfaces para usuários passam por constantes estudos no instituto para serem aprimorados em relação a

modernização de salas de controle e de alguns equipamentos para a medicina nuclear (como por exemplo: CARVALHO; SANTOS; VIDAL, 2008; MONTEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2013). Para analisar esses fundamentos a seguinte afirmação foi aplicada no questionário: ***A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação é diferenciado.***

A estética também pode ser limitante para algumas empresas e isso depende se o ambiente de trabalho está inserido num mercado competitivo porque há uma relação de como a inovação é incorporada (VENKATESH et al., 2012). Condições como a falta de recursos para investimento da pesquisa, a cultura do segmento nuclear, além do possível mercado competitivo podem influenciar na estética do projeto ao buscar o objetivo que se espera. À vista disso, a seguinte afirmação foi verificada pelos projetistas: ***A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto.***

4.4.11. Simplicidade

A simplicidade é considerada um critério fundamental para um bom projeto de design (EYTAM; TRACTINSKY; LOWENGART, 2017; KARVONEN, 2000). Ela é como uma lei fundamental para o design visual e na engenharia aeronáutica, por exemplo, ela facilita a maioria dos sistemas (EYTAM; TRACTINSKY; LOWENGART, 2017). Sua interpretação no design é remover tantos elementos desnecessários quanto possíveis (MAEDA, 2006). Estudiosos de Interação Humano-Computador (como por exemplo: COLBORNE, 2011; MAEDA, 2006; NIELSEN, 2000) abordam que a simplicidade é uma diretriz para produtos interativos e defendem que interfaces de usuário simples promovem a facilidade no uso. Entretanto, a remoção de alguns elementos de design para simplificar o uso geralmente requer a remoção de determinados recursos e, conseqüentemente, a funcionalidade reduzida nem sempre é apreciada pelos usuários (THOMPSON; HAMILTON; RUST, 2005). Isso acontece porque embora a simplicidade, através de um pequeno número de controles, implique na facilidade de uso, a complexidade, através de um grande número de controles, implica na alta funcionalidade (EYTAM; TRACTINSKY; LOWENGART, 2017). Com base nestes fundamentos a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas do IEN: ***Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e conseqüentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário.***

Motivações orientadas por objetivos de projeto levam à preferência pela simplicidade, uma vez que usuários não querem gastar esforços desnecessários no processamento de informações desafiadoras (NADKARNI; GUPTA, 2007). A simplicidade parece ser um fator divergente dos projetos da instrumentação nuclear visto que salas de controle de reatores integram sistemas complexos (SANTOS et al., 2013) e equipamentos técnicos de laboratórios, radioproteção e medicina nuclear também podem ser complexos (MONTEIRO et al., 2013). Em um estudo recente, usuários foram solicitados a avaliar três projetos de lavadores de roupas e eles julgaram o design simples como mais fácil de usar, enquanto o design complexo era considerado mais funcional (EYTAM; TRACTINSKY; LOWENGART, 2017). Nesse contexto, foi verificada no questionário a seguinte afirmação: ***Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais.***

A simplicidade como uma característica geral dos projetos desenvolvidos no setor da instrumentação também foi aplicada no questionário, considerando o paradoxo existente neste fator e que foi argumentado nos parágrafos anteriores. Assim, os projetistas irão considerar se há relevância da simplicidade para o setor da instrumentação. A seguinte afirmação foi aplicada: ***O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto.***

4.4.12. Custo

A redução de custos, maximização de benefícios através de inovação e posicionamento de mercado podem ser orientados partir da abordagem de design centrado no ser humano nos projetos (CHAMMAS; QUARESMA; MONT'ALVÃO, 2015). Visto que o HCD é um método eficaz para entender as necessidades dos usuários e melhorar a usabilidade (KOHNO et al., 2013), pesquisas esclarecem os benefícios de custo a partir desta abordagem, como a redução da necessidade de recursos, aumento da satisfação do cliente, redução de custo de suporte ao produto e aumento da produtividade (RAJANEN, 2014). Diante disso, a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas: ***Projetos que seguem a metodologia de design centrado no ser humano podem ter menos custos do que aqueles não aplicam essa abordagem.***

Diante dos cortes de verbas na educação que o país tem presenciado, a comunidade nuclear pode estar passando por uma perda de competências com o investimento moderado na pesquisa e desenvolvimento de projetos. A carência de especialistas experientes representa perda de memória coletiva como, também, tem sido uma ameaça para o desenvolvimento da área nuclear (BETTENCOURT; CIANCONI, 2011). Sob esse contexto, foi verificado com os projetistas

através do questionário se os mesmos conseguem finalizar os projetos diante dos recursos disponíveis. Para isso, a seguinte afirmação foi aplicada: ***Os projetistas sempre conseguem adequar os projetos de acordo com os recursos disponíveis.***

Grande parte da produção de equipamentos de instrumentação ocorreu até 1996, com a implementação da usina de Angra 1 e reator Triga. Após isso, não houve plano de novos reatores para o país, havendo, assim, queda na produção. Visto que a partir de 2003, o SEINS cessou a produção diante de problemas de financiamento pelo governo federal, o instituto passou a licenciar seus projetos e atender clientes externos sob demandas. A partir de entrevistas para colher essas informações, acredita-se que se houvesse mais repasses de verba, mais projetos seriam desenvolvidos e aprimorados. De acordo com a norma ISO 9241, o planejamento do conteúdo deve incluir a identificação adequada dos métodos e recursos para as atividades requeridas pelo projeto. Ao incluir a definição dos procedimentos necessários, os desafios de recursos limitados tendem a ser contornados. Com isso, a seguinte afirmação foi aplicada para verificar a concordância dos projetistas: ***A redução de custo não afetou a qualidade dos projetos da instrumentação.***

4.4.13. Segurança

O fator de segurança está relacionado à proteção dos seres humanos contra as consequências de seus próprios erros ou falhas de máquinas. Ela é uma responsabilidade primária daqueles que integram fatores humanos nos projetos centrados no usuário (NEMETH, 2004). A abordagem de HCD está cada vez mais influente nos projetos, em parte devido à crescente contribuição para a segurança operacional, além de eliminar riscos no local de trabalho ao envolver usuários finais no processo e na avaliação de projetos (HORBERRY et al., 2016). Sob esses fundamentos a seguinte afirmação foi aplicada aos projetistas do IEN: ***Segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando projetamos sistemas centrados no usuário.***

Ao desenvolver um produto/sistema, deve-se atentar ao seu contexto porque ele será usado por usuários com determinadas características, objetivos e tarefas, assim como o sistema será submetido a diferentes condições físicas, técnicas e organizacionais que podem afetar o uso (MAGUIRE, 2001). Nesse sentido, é importante que os projetistas dominem o contexto de uso para definir os requisitos do projeto (CHAMMAS; QUARESMA; MONT'ALVÃO, 2015; ISO-9241, 2010). Segundo Maguire (2001), os requisitos relacionados à segurança do projeto

depender do entendimento do contexto sobre o uso do sistema/produto, como realizar reuniões entre especialistas, fazer análise de tarefas e estudo dos usuários. Para Nemeth (2004), A qualidade de uso de um projeto, a segurança e saúde do usuário dependem de um bom entendimento do contexto de uso do produto o ou sistema. Sob esse conceito, a seguinte questão foi aplicada no questionário: ***Os requisitos relacionados à segurança do projeto dependem do entendimento profundo do contexto sobre o uso do sistema.***

Em um projeto, os fatores humanos dispõe ênfase à segurança do produto, entendendo as diferenças individuais e o desempenho nas equipes e seus efeitos na sociedade (NEMETH, 2004). Com a introdução dos procedimentos de projeto do SEINS (1990) e a demanda para modernizar a instrumentação de Angra 1 (1996), profissionais do IEN aprimoraram seus conhecimentos em relação aos usuários e suas atividades concernentes aos projetos de sistemas complexos. Assim, alguns profissionais se especializaram em engenharia de fatores humanos e os projetos no setor da instrumentação passaram a dar maior ênfase aos fatores de segurança do produto/sistema visando a integridade dos usuários e do que é projetado. Entretanto, foi observado que a presença de fatores humanos nos projetos do SEINS está concentrada em projetos que integram sistemas complexos de reatores nucleares visto que após o acidente de TMI surgiram diretrizes como as NUREGs para orientar e apoiar fatores de segurança nas instalações nucleares. Por outro lado, ainda que exista um cuidado com os usuários ao desenvolver novos equipamentos (como por exemplo: FARIAS, 2017; FARIAS et al., 2009), não há diretrizes que auxiliem o projeto de produtos como os equipamentos de radioproteção, medicina nuclear ou equipamentos de laboratório com foco na minimização de lesões, danos e perdas (HOLT, 1989). Com isso, a seguinte questão foi aplicada no questionário para verificar a concordância dos projetistas: ***O setor da instrumentação sempre promove estudos com foco na segurança de um produto/sistema para minimizar lesões, danos e perdas.***

4.4.14. Prazos

Prazos são fatores influentes em um projeto porque muitas vezes uma equipe restringe suas ideias devido às limitações de tempo e recursos, desafiando, assim, a geração e seleção dos conceitos (TOH; MIELE; MILLER, 2015). Nesse contexto, o gerenciamento de prazos pode exercer uma pressão relevante para obter as respostas de usuários ao realizar testes de usabilidade (NEMETH, 2004), visto que o SEINS realiza esses procedimentos em seus projetos (como por exemplo: FARIAS, 2017; FARIAS et al., 2009; MONTEIRO et al., 2013; SANTOS et al., 2011, 2013). Parte do cronograma direcionado aos testes com usuários avaliam as

discrepâncias entre as características do projeto, os requisitos das diretrizes de fatores humanos e na identificação de recursos que podem impactar negativamente no desempenho do usuário (SANTOS et al., 2011). Os testes podem ser configurados para fornecer resultados em curtos ou longos períodos, contribuindo para aprimorar as divergências (NEMETH, 2004). O projeto do fluorímetro realizado no SEINS (SANTOS et al., 2011) testou seu protótipo com usuários em condições reais para garantir que o equipamento fosse operável diante de todos os requisitos, estabelecendo um prazo necessário para identificar a necessidade de mudanças. Para verificar essa questão, a seguinte afirmação foi aplicada no questionário: ***Testes realizados em produtos/sistemas da Instrumentação nuclear com a participação de usuários são cumpridos de acordo com o cronograma estabelecido.***

Tendo em vista que o prazo pode um ser fator desafiador em um projeto, uma vez que ele pode ser influenciado pela limitação de recursos e, conseqüentemente, restringir a geração de ideias (TOH; MIELE; MILLER, 2015), as pressões que ocorrem podem obrigar a equipe a realizar testes em um período de tempo inadequado para obter as informações necessárias (NEMETH, 2004). Segundo Peeters et al., (2007), prazos limitados, equipes formadas por diferentes especialistas e problemas surgidos durante a interação da equipe podem ser ameaças potenciais ao projeto e ao cumprimento do prazo. Sob esse contexto, foi verificada com os projetistas do SEINS a seguinte afirmação: ***Os projetistas sempre desenvolvem projetos dentro do tempo planejado.***

Sob o fato de que o setor da instrumentação, como também o IEN, vem sofrendo com o corte de verbas que influenciam na fomentação da pesquisa e desenvolvimento de projetos, as conseqüências podem vir a ameaçar o cumprimento dos projetos. A falta de repasses, além de afetar os projetos, interfere perda de competências que representa perda de memória coletiva e ameaça na área (BETTENCOURT; CIANCONI, 2011). Estudos relacionam que o cumprimento de prazos de projetos pode ser afetado por problemas de recursos (NEMETH, 2004; PEETERS et al., 2007; TOH; MIELE; MILLER, 2015), o que de certa forma pode também ameaçar o vigor do setor de desenvolvimento. Com isso, a seguinte afirmação foi verificada pelos projetistas: ***A falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto.***

4.5. Dados obtidos no questionário de avaliação

Os três subtópicos a seguir dispõem os resultados em gráficos e verifica brevemente o que foi notado. Primeiramente, expõe-se o resultado dos fatores projetuais sob a perspectiva dos projetistas (item 4.5.1) em relação aos usuários que fazem parte de projetos. No segundo subtópico (item 4.5.2) é apresentado o resultado dos fatores projetuais sob o ponto de vista dos entrevistados em relação à equipe e ao projeto. Por fim, no último subtópico (item 4.5.3) é apontado o resultado dos fatores projetuais sob a concepção dos entrevistados em relação ao ambiente de trabalho como influência no projeto.

4.5.1. Fatores projetuais em relação ao usuário

Os fatores projetuais que se relacionam com aspectos sobre o usuário associam questões de responsabilidade e atenção para satisfazê-lo. Para isso, o projetista compreende as necessidades e experiências dos usuários para que os fatores sejam possam ser considerados no processo de projetar.

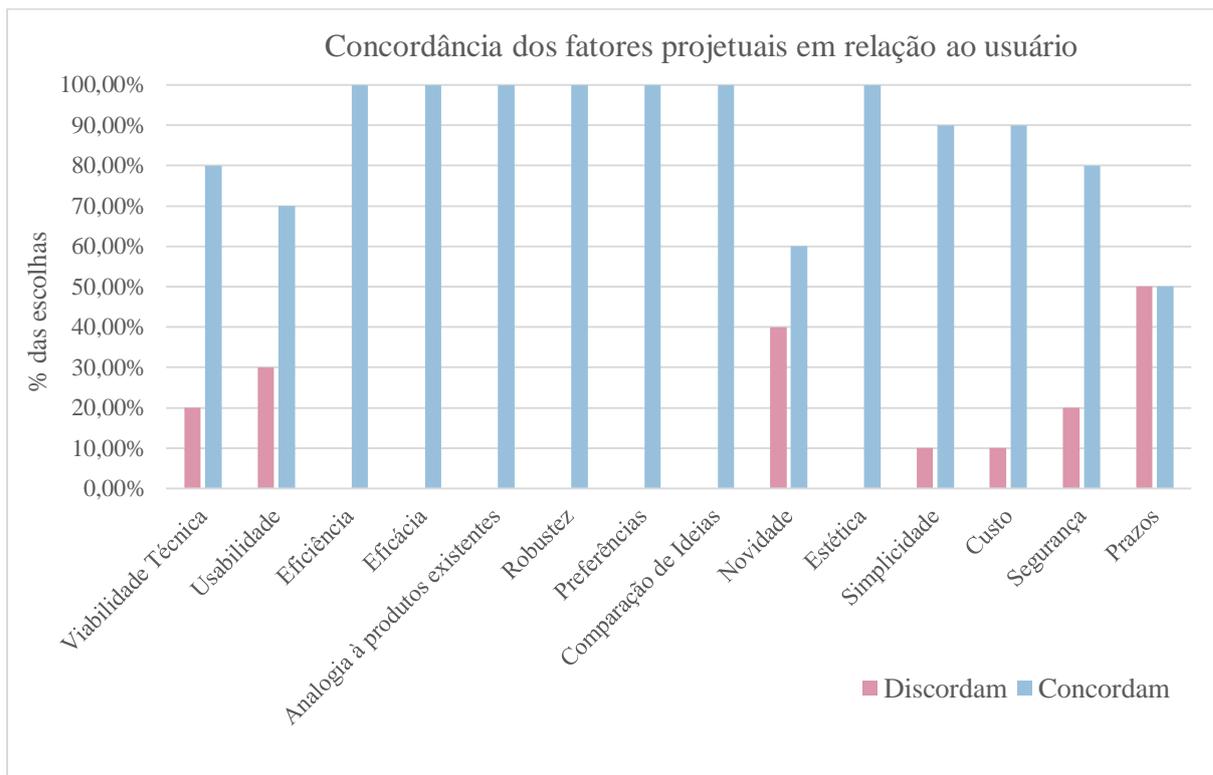


Gráfico 3 - Concordância dos fatores projetuais em relação ao usuário

Fonte: Elaborado pela autora.

- **Questão sobre a viabilidade técnica em relação ao usuário:** O produto/sistema da instrumentação nuclear atende às necessidades do usuário com relação a facilidade de uso.

80% dos entrevistados concordam que o produto/sistema de instrumentação nuclear atendem as necessidade do usuário com relação a facilidade de uso. Isso pode estar associado às questões relevantes da engenharia de fatores humanos que agregam aspectos responsáveis pela integridade dos envolvidos em plantas nucleares, como também de alguns projetos realizados no instituto que abordam o design participativo como um meio de investigar e avaliar os usuários. Ainda que os projetos da instrumentação nuclear de reatores sejam complexos, existindo uma série de estudos aprofundados sobre essa vertente, os equipamentos de laboratórios, medicina nuclear e radioproteção parecem ser menos condicionados à estudos ergonômicos e no projeto de design centrado no usuário.

- *Questão sobre a usabilidade em relação ao usuário: Minha relação com futuros usuários auxilia os testes de usabilidade.*

70% acreditam que sua relação com os usuários que participam em testes de usabilidade auxiliam nos testes de usabilidade. Isso pode estar inerente a algumas situações como: quando colegas do ambiente de trabalho participam dos testes, podendo gerar determinadas tendências nas respostas; ou quando o cenário de uso real pode não simular 100% de precisão, havendo dificuldade por parte dos usuários em completar as operações e, conseqüentemente, o especialista auxilia na condução do processo.

- *Questão sobre a eficiência em relação ao usuário: As interações com os usuários promove um melhor desenvolvimento do produto/serviço da instrumentação nuclear.*

100% dos entrevistados consentem sobre o fato de que a interação com usuários externos promove praticidade no processo de desenvolvimento do projeto. Dessa forma, a prática de design colaborativo é relevante porque a equipe pode aprender com os usuários que participam do processo de desenvolvimento.

- *Questão sobre a eficácia em relação ao usuário: É importante que os usuários se sintam satisfeitos com o que projetamos.*

100% dos entrevistados concordam que a satisfação do usuário é resultante de um processo de desenvolvimento eficaz.

- **Questão sobre a analogia à produtos existentes em relação ao usuário:** *Os diferentes domínios educacionais de uma equipe heterogênea otimiza o diálogo e aprofunda o conhecimento.*

A resposta verifica que 100 % dos entrevistados concordam sobre o fato de que quando há participação de usuários externos no processo de desenvolvimento, a discussão sobre analogias referentes ao projeto promove mais discussão e, conseqüentemente, otimiza o conhecimento dos envolvidos.

- **Questão sobre a robustez em relação ao usuário:** *A robustez do projeto está além da qualidade do material e sua durabilidade. Ela está atrelada à segurança através do armazenamento de dados, promovendo um sistema/produto robusto para o usuário.*

100% consentem que o fator de robustez não está somente relacionado à características físicas do projeto, como a qualidade do material e sua durabilidade. Acredita-se que a robustez esteja relacionada a promover a integridade e segurança do usuário através de uma acesso passível e na recuperação de dados.

- **Questão sobre preferências em relação ao usuário:** *As soluções preferenciais de usuários agregam mais benefícios no projeto.*

100% concordam que as soluções geradas por usuários, quando esses fazem parte do processo de conceituação, agregam mais valores no projeto. Ainda que exista, preferências projetuais por parte dos projetistas do IEN, as soluções idealizadas com usuários são melhores do que sem a participação desses. Nesse contexto, ceder preferência às ideias do usuário pode resultar na satisfação do mesmo.

- **Questão sobre a comparação de ideias em relação ao usuário:** *Os envolvidos no projeto, como usuários finais ou colaboradores externos, com diferentes níveis de especialização e experiências possuem objetivos diferentes, mas ainda assim agregam mais valor no projeto.*

100% dos entrevistados acreditam que usuários com características e formações distintas aos dos especialistas agregam mais valores nas soluções do que conceitos idealizados por profissionais da mesma área. Essa tendência pode ocorrer porque o IEN tem adotado práticas de design participativo nos últimos anos, onde são compartilhados diferentes valores e

interesses. O processo de comparar ideias com diferentes usuários pode gerar insights, que consequentemente, agregam na conceituação do projeto. Sem a participação de usuários, a comparação de ideias aconteceria apenas entre os projetistas e poderia haver tendências ou preferências por um determinado resultado.

- ***Questão sobre a novidade em relação ao usuário:*** *Partes interessadas dos projetos que não são engenheiros geralmente tem ideias inovadoras.*

Esse resultado se contraria com o anterior. Enquanto 100% acreditam que usuários e colaboradores agregam valor no projeto quando comparam suas ideias com projetistas porque esse processo gera insights de projeto, 40% dos entrevistados, uma parte considerável, não concorda que colaboradores ou usuários que não são engenheiros tem ideias inovadoras. Nesse cenário, foi visto que pesquisas apontam que usuários finais e colaboradores são vistos como desenvolvedores de inovação em produtos e processos.

- ***Questão sobre a estética em relação ao usuário:*** *A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário.*

100% dos entrevistados concordam que a estética influencia no desempenho do usuário. Com isso, o resultado convém com a literatura sobre que o efeito de produtos mais atraentes ocasiona mais eficiência e eficácia através de uma orientação sensorial causada no usuário.

- ***Questão sobre simplicidade em relação ao usuário:*** *Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário.*

90% concordam com a afirmação. Embora a simplicidade engatada com a funcionalidade e tenha como objetivo facilitar as operações de um produto/sistema, o SEINS lida com projetos complexos e, segundo a literatura a complexidade permite que o produto/sistema tenha mais controles e funções contribuindo também para a funcionalidade. Nesse cenário, a funcionalidade simplista pode não ser apreciada pelos usuários.

- ***Questão sobre custo em relação ao usuário:*** *Projetos que seguem a metodologia de design centrado no ser humano podem ter menos custos do que aqueles não aplicam essa abordagem.*

90% concordam que a abordagem de design centrado no ser humano é benéfica em relação aos custos do projeto. Projetos realizados no IEN já integram essa abordagem como forma de obter feedback do usuário para agregar os anseios destes nos projetos

- *Questão sobre segurança em relação ao usuário: Segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando projetamos sistemas centrados no usuário.*

80% dos entrevistados concordam que a segurança é fator mais relevante nos projetos que desenvolvem no prédio da instrumentação. A engenharia de fatores humanos e as abordagens de design centrado no usuário são comumente abordadas nos projetos do SEINS para promover a integridade e proteção do usuário em relação aos seus erros e falhas de máquina.

- *Questão sobre prazos em relação ao usuário: Testes realizados em produtos/sistemas da Instrumentação nuclear com a participação de usuários são cumpridos de acordo com o cronograma estabelecido.*

Os resultados revelaram que metade dos entrevistados discordam da afirmação. Isso ocorre porque os testes realizados com usuários podem acabar sendo refeitos para obter respostas aprimoradas ou, então, porque o produto/sistema sofreu modificação no seu processo de desenvolvimento. Caso o setor da instrumentação adotasse técnica de geração de alternativas acompanhado da avaliação de usuários, como ocorreu no projeto do telemidador, o processo de selecionar a ideia seria otimizado e atrasos de testes com usuários poderiam ser evitados.

4.5.2. Fatores projetuais em relação à equipe e projeto

Os fatores projetuais que se relacionam com a equipe estão associados aos princípios e valores compartilhados entre os projetistas. O SEINS adota uma abordagem de design participativo e durante esse processo de desenvolvimento os projetistas tomam que podem ser influenciadas pelos fatores projetuais argumentados nessa pesquisa. Além disso, diante de projetos complexos, o engajamento da equipe é fundamental para alcançar os objetivos.

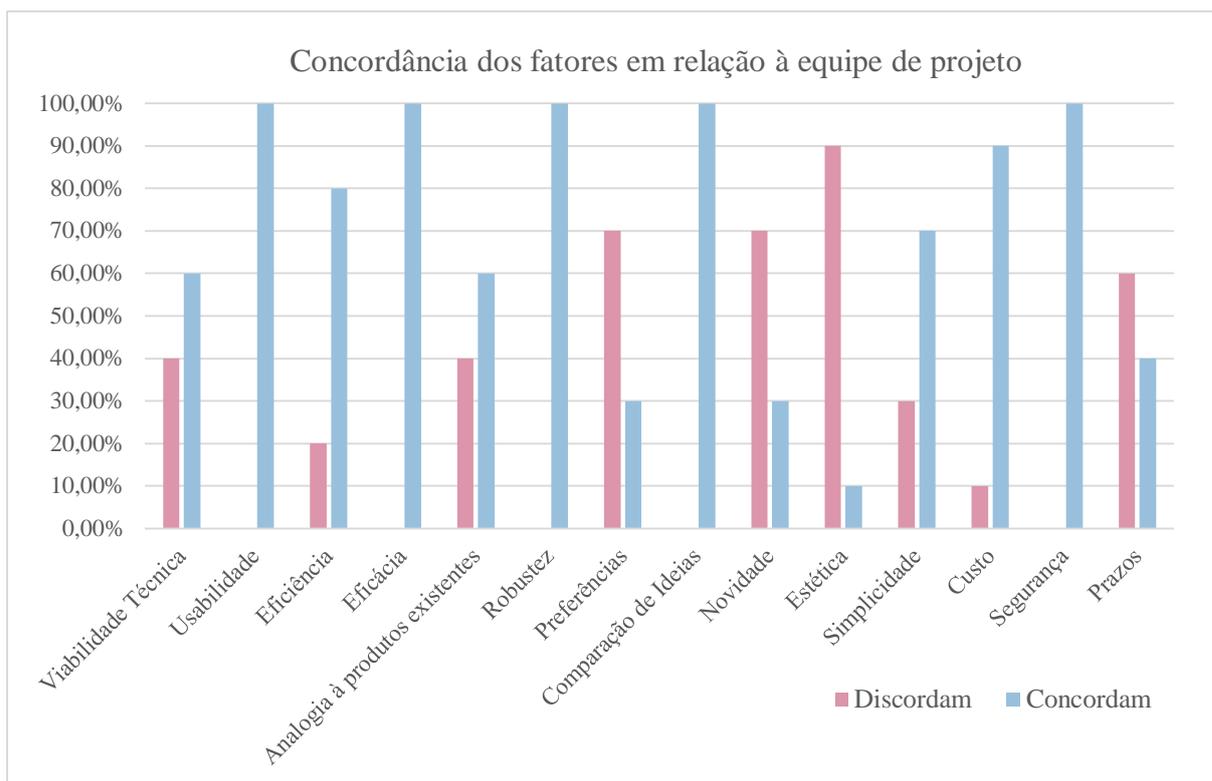


Gráfico 4 - Concordância dos fatores projetuais em relação à equipe e projeto

Fonte: Elaborado pela autora

- **Questão sobre a viabilidade técnica em relação à equipe e projeto:** *Princípios de engenharia sempre são aplicados no projeto de produto/sistema da instrumentação nuclear.*

60% dos entrevistados concordam que princípios da engenharia sempre são abordados dos projetos de instrumentação nuclear. Essa situação pode estar associada ao fato de que cursos de engenharia se concentram no rigor técnico e nas soluções convencionais, o que reforça o foco na viabilidade técnica. Além disso, a viabilidade técnica abrange pensamentos sobre os recursos e requisitos familiares e essenciais para alcançar os objetivos.

- **Questão sobre a usabilidade em relação à equipe e projeto:** *O desenvolvimento de um produto/sistema pode ser reavaliado diante de incertezas que podem ser geradas quanto a usabilidade.*

100% dos entrevistados concordam que a usabilidade gera incertezas e, conseqüentemente, o projeto pode ser reavaliado. Isso acontece porque métodos de usabilidade dependem do julgamento humano sobre os atributos do produto/sistema. Existe, também, a possibilidade de haver tendências pessoais em respostas das avaliações quando usuários que participam do processo de avaliação fazem parte do mesmo ambiente de trabalho dos projetistas.

- ***Questão sobre a eficiência em relação à equipe e projeto:*** *Me sinto confiante diante das metodologias de projeto da Instrumentação nuclear que são utilizadas.*

80% dos entrevistados concordam estar confiantes em relação à metodologia utilizada. Nesse sentido, a metodologia é competente para realizar satisfatoriamente as etapas do processo de desenvolvimento. Como visto nessa pesquisa, ainda que a metodologia não esteja clara em diferentes projetos realizados, o processo é flexibilizado e informal onde a equipe pode atuar em diferentes etapas.

- ***Questão sobre a eficácia em relação à equipe e projeto:*** *A comunicação entre os projetistas faz com que os projetos gerem bons resultados.*

100% dos entrevistados concordam que a comunicação da equipe é fundamental para alcançar melhores resultados. A eficácia do projeto, nesse sentido, depende da interação fluida entre os projetistas e de uma abordagem multidisciplinar para que os diferentes conhecimentos agreguem no processo.

- ***Questão sobre analogia à produtos existentes em relação à equipe e projeto:*** *O desempenho de um projeto existente inibe as soluções de novos projetos.*

Foi observado que a analogia a produtos tem como princípio consultar referências para contribuir na idealização de projetos, ou seja, projetos anteriores inspiram o surgimento de novas propostas de projeto e otimizam o tempo de concepção. Mas para a maioria dos entrevistados, 60% concordam que um projeto em desenvolvimento coíbe solucionar novos projetos no mesmo momento. Nesse cenário, se as técnicas de analogias fossem relevantes, o processo de solucionar projetos ao mesmo tempo seria otimizado.

- ***Questão sobre a robustez em relação à equipe e projeto:*** *Processos e ferramentas bem definidas permitem que os envolvidos no projeto expandam a compreensão de suas perspectivas e prioridades colaborando para uma comunicação da equipe mais robusta.*

100% dos entrevistados concordam que dominar os conhecimentos, técnicas e ferramentas além de manter boa comunicação entre a equipe são princípios fundamentais para alcançar um projeto robusto. Nesse sentido, a robustez enquadra estratégias para cumprir com sucesso cada

etapa do processo de desenvolvimento dos projetos e essas estratégias combinam a dedicação do projetista em relação interação deste com a equipe, assim como o empenho para dominar os procedimentos contidos no projeto.

- *Questão sobre preferências em relação à equipe e projeto: As preferências dos projetistas são levadas em conta em qualquer situação.*

Ainda de o setor da instrumentação agregue fatores humanos e abordagens de design centrado no ser humanos em seus projetos, **30%** concordam que as preferências dos projetistas são relevantes em qualquer situação. Esse resultado **contraria** às práticas de considerar os anseios dos usuários como forma de alcançar melhores resultados. Sem a participação de usuários, o processo de interação do projeto aconteceria apenas entre os projetistas, ocasionando em tendências ou preferências por determinadas soluções.

- *Questão sobre a comparação de ideias em relação à equipe e projeto: Comparar ideias pode facilitar mais do que dificultar as tomadas de decisões no projeto porque podemos considerar os méritos e as desvantagens de cada ideia.*

100% dos entrevistados estão de acordo com sobre a facilidade de tomar decisões quando comparam suas ideias entre a equipe. Apesar do processo de gerar uma série de conceitos não ser uma prática frequente no processo de desenvolvimento de projetos do SEINS, entende-se que a comparação de ideias é um processo informal que ocorre como parte da interação da equipe onde ideias são esboçadas mentalmente durante reuniões até que o técnico elabore visualmente o conceito pensado. A comparação de ideias foi observada como um fator influente nos projetos do Telemidador e Monitor MMRR 7032, porque até chegar a solução final o conceito foi moldado a partir de técnicas que permitiram comparar as ideias elaboradas.

- *Questão sobre novidade em relação à equipe e projeto: Prefiro soluções convencionais do que ideias novas e criativas.*

70% dos entrevistados discordam sobre preferir soluções convencionais. Por um lado esse resultado se contradiz com a viabilidade técnica (60% concordam que princípios de engenharia são sempre abordados) porque, como visto, pesquisas apontam que engenheiros tendem a selecionar ideias menos criativas por conta do risco inerente associado ao que é novo e, por isso, soluções convencionais tendem a ser inconscientemente selecionadas. Além de disso,

outro fator impactante é o fato de haver os recursos disponíveis no instituto para que os técnicas, ferramentas e pessoal consolidem o processo de elaborar soluções novas e criativas, como desejada pelos projetistas.

- ***Questão sobre a estética em relação à equipe e projeto:*** *A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados*

90% do entrevistados acham que a estética é importante mesmo que a aparência dos projetos de instrumentação sigam características semelhantes. Os projetos de equipamentos da radioproteção, por exemplo, são robustos e de certa forma padronizados pois estão numa linha de cumprir a funcionalidade principal que é de medir radiações. Dessa forma, os equipamentos aparentam ser robustos porque cumprem funções de monitoramento e segurança. Já os projetos que integram interfaces passam por estudos constantes, visto que qualquer modificação ou implementação, usuários devem realizar testes e avaliar para saber se a aparência afetará as operações. Ainda que a estética seja relevante nos projetos, ela é influenciada pelas normas existentes na área nuclear, pelo feedback do usuário ao realizar corretamente as informações através das interfaces e pela forma robusta por lidar com taxas de exposição.

- ***Questão sobre a simplicidade em relação à equipe e projeto:*** *Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais.*

70% dos entrevistados concordam que a simplicidade nos projetos não é relevante porque a funcionalidade pode ser minimizada. Notou-se que as respostas condizem com a literatura sobre aquilo que é complexo geralmente é mais funcional. Ademais, os projetos realizados no SEINS incorporam aspectos complexos como os equipamentos das salas de controle de reatores e os equipamentos de medicina nuclear.

- ***Questão sobre custo em relação à equipe e projeto:*** *Os projetistas sempre conseguem adequar os projetos de acordo com os recursos disponíveis.*

90% dos entrevistados concordam que a equipe consegue adequar os projetos diante dos recursos disponíveis. Embora os custos influenciem no desempenho de ideias novas e criativas (resultado de novidade), os profissionais driblam nas questões econômicas para desenvolver pesquisas e projetos. Além disso, a equipe lida com a perda de competências, ou seja, o pessoal

exerce determinadas funções específicas que poderiam ser atribuídas a profissionais específicos.

- *Questão sobre segurança em relação à equipe e projeto: Os requisitos relacionados à segurança do projeto dependem do entendimento profundo do contexto sobre o uso do sistema.*

100% concordam que é necessário ter conhecimentos profundos sobre o que está sendo projetado porque os requisitos de segurança dependem dessa compreensão. A comunicação da equipe com usuários, análises de atividades, avaliações com usuários e abordagem de fatores humanos são meios utilizados pelos projetistas do SEINS para analisar e estudar consideravelmente os riscos em que o usuário será submetido.

- *Questão sobre prazos em relação à equipe e projeto: Os projetistas sempre desenvolvem projetos dentro do tempo planejado.*

60% discordam que os projetos sejam cumpridos dentro do tempo planejado. Como visto na literatura, o prazo pode ser influenciado por limitações de recursos e pessoal. Custos limitados e perda de competências são vivenciados pelo setor da instrumentação. Além disso, pressões podem ocorrer quando a equipe precisa realizar mais testes de projeto para obter informações aprimoradas.

4.5.3. Fatores projetuais em relação ao ambiente de trabalho

Os fatores projetuais em relação ao ambiente de trabalho estão associados à influências provindas de determinadas situações e condicionamentos vivenciadas pelo setor da instrumentação. Nesse cenário, o desempenho dos profissionais ou do projeto tem seus efeitos sob recursos limitados, políticas públicas e perda de competências.

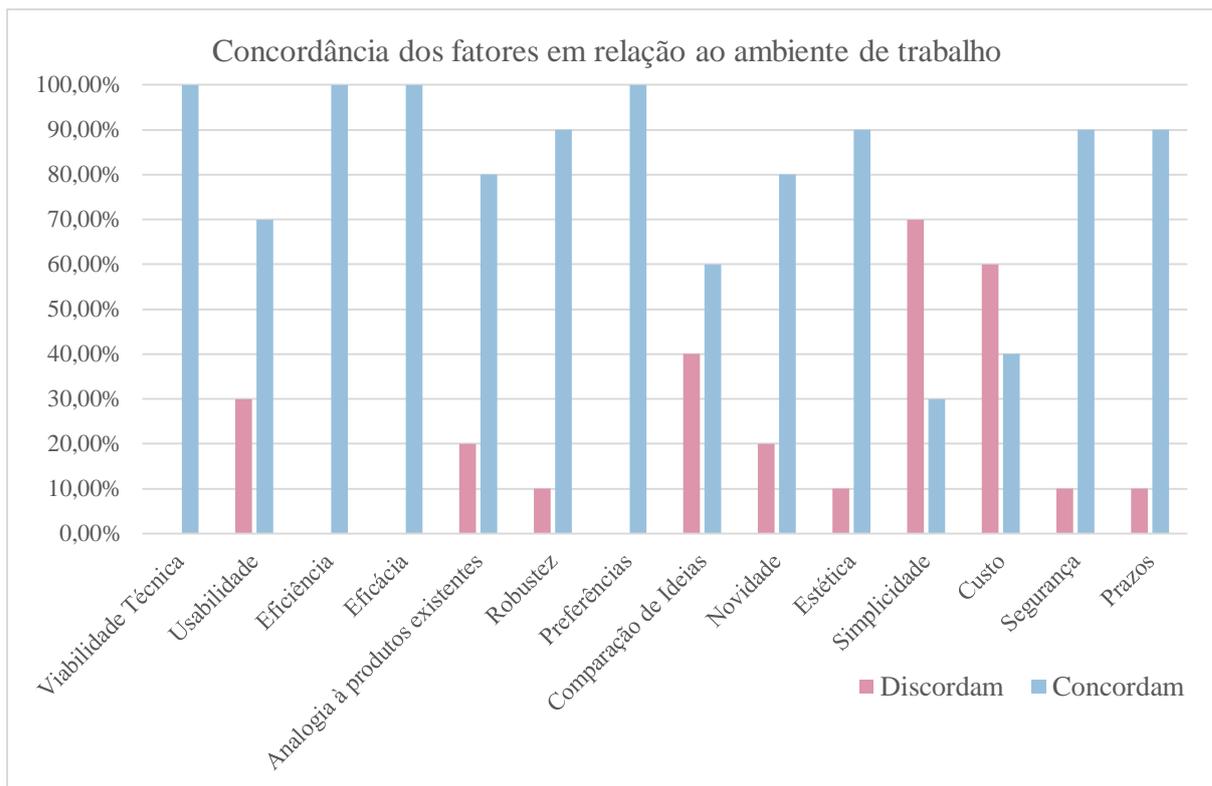


Gráfico 5 - Concordância dos fatores projetuais em relação ao ambiente de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora.

- **Questão sobre a viabilidade técnica em relação ao ambiente de trabalho:** A tecnologia necessária para criar um produto /sistema está disponível ou é alcançável no instituto para atender às demandas.

100% concordam que o setor possui tecnologias e infraestrutura necessárias para desenvolver os projetos. Com esse resultado, os profissionais parecem estar satisfeitos, corroborando para o resultado obtido em Novidades (em relação aos projetistas) porque eles preferem soluções inovadoras e criativas. Dessa forma, sob o parecer dos entrevistados, as ideias inovadoras que exige maiores investimentos e recursos podem ser factíveis no setor da instrumentação.

- **Questão sobre a usabilidade em relação ao ambiente de trabalho:** As metodologias de projeto/sistemas da instrumentação nuclear atendem aos critérios de usabilidade.

70% concordam que a metodologia utilizada no desenvolvimento de projetos atende aos critérios de usabilidade. O resultado pode ser justificado em relação a evolução que a metodologia sofreu, porque até 2003 usava-se os procedimentos operacionais e qualitativos como forma de auxiliar cada etapa do que era projetado, mas depois com a cessão da fabricação

em série, a metodologia se flexibilizou e passou a integrar usuários no processo de desenvolvimento. Dessa forma, a metodologia abordada no setor atende à critérios como eficiência, eficácia, satisfação, aprendizagem, operabilidade, flexibilidade, memorabilidade e atratividade. Os 30% de discordam da afirmação podem estar associados ao fato de que a metodologia vista como flexível não é necessariamente fiel a um determinado projeto.

- ***Questão sobre a eficiência em relação ao ambiente de trabalho: É importante que o IEN estabeleça um fluxo de métodos para auxiliar as etapas dos projetos.***

100% dos entrevistados concordam que a designação de um fluxo de métodos no setor seria importante para auxiliá-los a desenvolver projetos. Com esse resultado, nota-se que os profissionais não estariam satisfeitos com a metodologia como um meio de esclarecer visualmente cada etapa e guiá-los durante todo o processo. Ainda que exista uma metodologia, como apresentada no trabalho: *The Users Centered Design of a New Digital Fluorometer*, o guia de projeto mais evidenciado seriam os guias NUREG-700 e NUREG-711 que compilam diretrizes baseadas em aspectos de engenharia de fatores humanos e que auxiliam na revisão de projetos de reatores nucleares. Dessa maneira, uma exibição notória de um guia de projeto para equipamentos, por exemplo, seria necessário.

- ***Questão sobre a eficácia em relação ao ambiente de trabalho: A existência de critérios motivacionais propicia um melhor rendimento no ambiente de trabalho e conseqüentemente melhores resultados.***

100% concordam que deveria haver circunstâncias motivacionais no setor para melhorar o rendimento de trabalho e alcançar melhores resultados. Embora os entrevistados estejam satisfeitos com a infraestrutura disponível para desenvolver os projetos (resultado: viabilidade técnica, ambiente de trabalho), o resultado dessa questão aponta descontentamento em relação aos aspectos de condições de trabalho, como por exemplo, medidas de recompensas e contribuições poderiam ser atribuídas pelo setor.

- ***Questão sobre a analogia à produtos existentes em relação ao ambiente de trabalho: Os projetos do instituto possuem mais características análogas do que inovadoras.***

80% dos entrevistados concordam que os projetos do setor da instrumentação têm mais características análogas do que inovadoras. Algumas vertentes justificam esse resultado, como a similaridade e padronização dos equipamentos projetados sob a demanda de fabricação em série até 2003 e que alguns continuam em funcionamento nos dias de hoje. Outro fato que corrobora para esse resultado seria que os entrevistados preferem soluções inovadoras e estão satisfeitos com a infraestrutura disponível (resultado: viabilidade técnica, ambiente de trabalho) para desenvolver projetos, mas estão insatisfeitos com a ofuscação de medidas motivacionais oferecidas pelo trabalho (resultado: eficácia, ambiente de trabalho). Portanto, mesmo que os profissionais prefiram que suas soluções sejam inovadoras, os recursos para alcançar a inovação nas soluções deveria atender ainda mais a infraestrutura da qual eles estão satisfeitos, assim como deveria ser ofertada motivações pelo trabalho para ocasionar o melhor desempenho dos profissionais.

- ***Questão sobre a robustez em relação ao ambiente de trabalho:*** *O instituto apoia a prática coletiva em torno dos interesses de projeto permitindo um desenvolvimento mais robusto.*

90% concordam que o setor da instrumentação tem como atributo a prática coletiva para resultar em soluções mais robustas. Esse resultado verifica que os colegas de trabalho são engajados e que as abordagens de design participativo são efetivas na busca dos melhores resultados.

- ***Questão sobre preferências em relação ao ambiente de trabalho:*** *Recursos limitados e prazos podem afetar a continuidade de determinadas preferências de soluções.*

100% dos entrevistados concordam que recursos limitados e prazos influenciam em soluções que eles gostariam que fossem as finais. Nesse sentido, soluções devem se adequar às circunstâncias que surgirem. Como visto, os entrevistados preferem soluções inovadoras e acreditam que há recursos e infraestrutura necessárias no setor da instrumentação para desenvolver os projetos.

- ***Questão sobre comparação de ideias em relação ao ambiente de trabalho:*** *Os projetos do setor da instrumentação são similares e isso ajuda a padronizar as soluções de projetos.*

60% dos entrevistados concordam que a similaridade dos projetos do setor da instrumentação ajuda na padronização de soluções. Esse resultado condiz com o fato de que 80% concordam que os projetos da instrumentação têm mais características análogas do que inovadoras. O atributo de padronização é um fato vivenciado desde a origem do prédio da instrumentação por conta da fabricação em série. Por outro lado, a padronização também auxilia na redução da complexidade do desenvolvimento e diminuição de custos. A característica de similaridade dos projetos da instrumentação também pode estar associado ao cumprimento de normas existentes na área nuclear que necessitam ser atendidas para garantir a integridade dos envolvidos. Outro resultado que resiste ao fato de que os projetos são similares é que os projetistas preferem soluções inovadoras, ou seja, ainda que os projetos sejam parecidos a inovação se relaciona à atributos novos, criativos e que não tenham sido desenvolvidos anteriormente.

- ***Questão sobre novidade em relação ao ambiente de trabalho:*** *O instituto desenvolve mais soluções com pequenas variações sobre o que vem produzindo do que soluções desafiadoras.*

80% concordam que o setor da instrumentação possui mais projetos com pequenas variações do que soluções inovadoras, ou seja, há mais projetos parecidos do que projetos desafiadores. Como já observado, o setor da instrumentação do IEN tem como característica desenvolver projetos com características similares porque devem atender às normas, padrões e recomendações existentes na área nuclear. Soluções inovadoras exigem maiores investimentos e recursos e ainda que os entrevistados concordem quem conseguem realizar seus projetos sob a infraestrutura disponível, eles anseiam por soluções inovadoras conforme observado no resultado de novidade em relação ao projeto.

- ***Questão sobre a estética em relação ao ambiente de trabalho:*** *A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto.*

90% dos entrevistados concordam que a estética pode ser limitada diante dos recursos disponíveis no instituto. Sob fundamento da literatura, a estética do produto se realça quando a empresa está inserida num mercado competitivo porque há relação de como a inovação é abordada. Os entrevistados também concordam que a estética é importante mesmo que a aparência de produtos da instrumentação tenham características de similaridade. Sob uma percepção de designer, ainda que os entrevistados concordem que há tecnologia suficiente no

instituto para atender às demandas, os atributos de estética dos projetos de produtos poderiam ser aprimorados, mas para isso investimentos em pessoal de design seriam necessários.

- ***Questão sobre simplicidade em relação ao ambiente de trabalho: O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto.***

70% discordam dessa afirmação. O paradoxo da simplicidade desvenda que quanto mais simples o projeto menos funcional será, enquanto que quanto mais complexo for o projeto, mais funcional será. Esse resultado conflita com os anteriores porque 70% concordam que os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais. Além disso, 90% concordam que deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e tornar a operação confusa para o usuário. Com isso, nota-se que a simplicidade pode ou não estar associada à funcionalidade. Quando se tratar de projeto de interfaces e sistemas de controle para reator, a simplificação das informações pode reduzir a quantidade de controles e tornar a operação complexa. Já projeto de produtos, como equipamentos de radioproteção e medicina nuclear a simplicidade se associa na facilidade de uso de modo a beneficiar o usuário.

- ***Questão sobre custo em relação ao ambiente de trabalho: A redução de custo não afetou a qualidade dos projetos da instrumentação.***

60% dos entrevistados discordam. Com isso, os profissionais acreditam que se houvesse mais repasses de verba, o setor produziria mais projetos. Parte desse resultado contraria o fato de que 100% dos entrevistados concordam que há recursos e tecnologias necessárias para atender às demandas do setor. Apesar do setor depender de investimentos pelo governo, nota-se que os profissionais se adequaram à situação para que a qualidade dos projetos não fossem afetadas.

- ***Questão sobre segurança em relação ao ambiente de trabalho: O setor da instrumentação sempre promove estudos com foco na segurança de um produto/sistema para minimizar lesões, danos e perdas.***

90% dos entrevistados concordam que a segurança é promovida pela setor para que seus projetos agreguem a minimização de lesões, danos e perdas. 80% também concordam que o fator de segurança é o mais relevante a se considerar nos projetos porque lidam com a exposição de radiações. Apesar de conter diretrizes para orientar a apoiar fatores humanos em projetos

complexos como salas de controle, não há guias específicos para projetos de produtos da instrumentação. Nesse sentido, a setor da instrumentação promove estudos com e sobre os usuários para promover a integridades desses ao utilizarem os equipamentos.

- ***Questão sobre prazos em relação ao ambiente de trabalho:*** *A falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto.*

90% dos entrevistados concordam que a falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto. Mais uma vez, apesar de que os entrevistados concordem que há tecnologia e recursos necessários para atender às demandas do setor, 60% discordam que os projetistas desenvolvem projetos dentro do prazo estabelecido. Sendo assim, os entrevistados admitem que prazos podem ser afetados pela falta de recursos e afirmam que os projetos sofrem atrasos, mas que há infraestrutura necessária para realizar os projetos. Acredita-se que, os profissionais não se afligem ou, então, se habituaram com a infraestrutura disponível mesmo que o desenvolvimento de projetos sofram atrasos.

CAPÍTULO V

5. Análise e discussão

Para avaliação dos resultados desta pesquisa, um questionário foi aplicado à dez profissionais do setor de projetos do IEN, como também foi discutido o intuito do estudo durante uma reunião com os entrevistados. Os participantes responderem questões relativas às percepções sobre fatores de design ao desenvolver projetos e para investigar os resultados, fez-se uma análise básica percentual a partir da pontuação da escala likert.

Os avaliadores participantes integram diferentes níveis de conhecimento, entre eles técnicos, mestres e doutores das áreas de eletrônica, nuclear e produção, o que pode influenciar respostas a partir da familiaridade do assunto que lhes foi questionado. Os resultados encontrados no presente estudo apontaram algumas divergências sobre os fatores de design que influenciam nas decisões do desenvolvimento de projeto e, que, de certa forma requerem algumas orientações.

O fato dos entrevistados terem contato com temas de usabilidade e fatores humanos no setor de projetos do IEN refletiu positivamente nos resultados sobre os fatores de design que alertam sobre o cuidado, a responsabilidade e a presteza com usuário afim de alcançar melhores resultados. Ainda que haja problemas com usuários ao cumprir testes, como atrasos (50% concordam), eles são vistos como elementos fundamentais pelos avaliadores, principalmente, quando possuem diferentes níveis de experiência, o que agrega mais valor ao projeto (100% concordam). Mesmo assim, uma parte considerável dos entrevistados não consentiram (40% discordam) que os usuários são àqueles que possuem as ideias mais inovadoras no projeto diante de uma abordagem de design participativo. O resultado dessa minoria indica que, ainda que os usuários sejam meios essenciais para colher dados para o projeto, eles não são vistos como potenciais inovadores quando fazem parte de uma abordagem de co-design. Isso ocorre porque os projetistas acreditam que a segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando abordam projetos centrados no usuário (80% concordam), havendo delicadeza e cuidados concentrados na consideração dos requisitos de segurança nos projetos, conforme o viés conservativo da indústria nuclear que privilegia ideias de projetos já testadas e aprovadas. Contesta-se, então, que a partir do resultado parcial sobre não acreditarem que usuários sejam vistos como potenciais colaboradores, se faz necessário criar oportunidades e condições para que a equipe se engaje com usuários num processo de inovação, de modo que o bem-estar dos envolvidos possa ser aprimorado, com novas ideias que não prejudiquem a segurança dos equipamentos projetados.

Os resultados sobre como fatores de design vistos em relação à própria equipe e aos aspectos de um projeto apontaram questões pertinentes. Parte dos entrevistados (60% concordam) acredita que os projetos de instrumentação sempre abordam princípios de engenharia e esse resultado é condizente com estudos que afirmam sobre os cursos de engenharia se concentrarem nos aspectos técnicos e nas soluções convencionais para que o projeto seja tecnicamente viável (por exemplo: KAZEROUNIAN; FOLEY, 2007; TOH; MIELE; MILLER, 2015). Em contrapartida, a interpretação conjunta das questões aplicadas no questionário sobre a viabilidade técnica, a analogia à produtos existentes e a novidade em relação à equipe e projeto e ao ambiente de trabalho, como também o fator de segurança em relação ao usuário revelou que os entrevistados desejam soluções inovadoras e criativas (70% concordam), e isso não necessariamente é sucedido porque a equipe também acredita que aspectos convencionais como princípios de engenharia necessitam ser aplicados nos projetos para torna-lo tecnicamente viável (60% concordam). A minoria que prefere soluções convencionais do que ideias novas e criativas (30% concordam) é condizente com o que foi observado na literatura (como por exemplo: MUELLER; MELWANI; GONCALO, 2012; RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010) sobre engenheiros preferirem soluções convencionais porque associam a viabilidade técnica à riscos inerentes à criatividade e ao novo. A preferência por soluções convencionais se relaciona à um comportamento estratégico da equipe que desenvolve projetos de instrumentação nuclear, em que a segurança é mais importante do que outros fatores quando se projeta com a abordagem centrada no usuário (80% concordam), como também os projetos dessa área exigem prudência e entendimento à fundo sobre os requisitos de segurança que são considerados na concepção (100% concordam). Dessa maneira, a preferência por ideias convencionais por parte dos entrevistados do setor de projetos da instrumentação pode ser justificada, justamente, pela prevenção de eventuais riscos associados à soluções novas e que tendem a implicar nas questões de segurança não resolvidas. Essas percepções também se conectam quando os entrevistados em maioria (80% concordam) admitem que o setor da instrumentação possui projetos semelhantes porque auxilia na padronização da soluções, otimiza o tempo, além de ser necessário atender às normas e recomendações existentes na área nuclear, como também acreditam que as características dos projetos são mais análogas do que inovadoras, ou seja, há mais aspectos semelhantes entre os projetos do que novos (80% concordam).

O contraste dessas percepções ressalta que os entrevistados anseiam que seus conceitos façam parte de soluções inovadoras, mas isso se mostra menos importante quando eles admitem

que a viabilidade técnica é indispensável e que há insegurança sobre as soluções novas por conta das incertezas sobre a eficácia do projeto e das ameaças provindas de ideias inovadoras que necessitam de estudos profundos sobre o uso do sistema e dos usuários, em que qualquer erro projetual tende a provocar riscos aos seres humanos e ao ambiente. Nesse sentido, ainda que o setor de projetos do IEN desenvolvam equipamentos que são considerados patentes de inovação, como o monitor modular MMRR 7032, não há um mercado competitivo de equipamentos de monitoração de radiação no país que motive uma demanda maior de projetos desse ramo e que, conseqüentemente, fomente a inovação.

Os entrevistados acreditam que conseguem adequar seus projetos diante dos recursos disponíveis (90% concordam), como, por exemplo, quando desenvolvem projetos com a abordagem centrada no usuário em que os custos podem ser minimizados (90% concordam). Por outro lado, eles consentem que redução de custos afeta a qualidade dos projetos (60% concordam), interfere no cumprimento dos prazos (60% concordam), intervém a continuidade de determinadas preferências de soluções (100% concordam) e, também, acreditam que limita a estética do conceito (90% concordam). Nesse sentido, os entrevistados se esquivam dos efeitos causados pelos limites de custos, lidando com desafios e superando os impasses para conseguir moldar as soluções diante dos requisitos e restrições provinda de custos limitados. Para evadir-se dessa situação, o ideal seria que a equipe continuasse desenvolvendo seus projetos a partir da abordagem de design centrado no ser humano, porém mais intensamente, visto que há estudos que comprovam sobre a maximização dos benefícios, inovação e redução de custos quando o projeto integra o método HCD (CHAMMAS; QUARESMA; MONT'ALVÃO, 2015; RAJANEN, 2014).

À vista de que a estética é vista como um fator relevante para os entrevistados porque seu impacto influencia no desempenho do usuário (100% concordam) mesmo que as características dos equipamentos da área nuclear sejam diferenciadas ou inusitadas (90% concordam), ela também é afetada quando há redução de custos (90% concordam). Os projetos de equipamentos de radioproteção e instrumentação de laboratório, por exemplo, transmitem a sensação de solidez, ou seja, são equipamentos robustos pois lidam com situações de exposição da radiação. Para lidar com a situação de custo x estética do equipamento, a equipe de projeto admite desenvolver projetos com aspectos similares ou padronizados (60% concordam). Entende-se que a estética dos projetos da instrumentação nuclear inclui características inerentes ou valores simbólicos no qual o produto representa no ambiente em que está inserido. Além disso, a

padronização pode ser justificada para reduzir a complexidade no desenvolvimento do projeto e na diminuição de custos. Logo, considerar um grau estético de um determinado equipamento, vai depender não somente da equipe, como também da avaliação de usuários.

A análise dos fatores de design, vistos em estudos com nomenclaturas variadas como fatores, pré-requisitos ou requisitos gerais de projeto, ainda que não explícitos no desenvolvimento de projetos de instrumentação nuclear, podem ser considerados como aspectos cognitivos que surgem no decorrer do desenvolvimento e que geram insights para tomar decisões sobre escolher um determinado conceito. Mas a geração de alternativas, não é uma etapa vivenciada nos projetos de instrumentação e, conseqüentemente, não ocorre uma avaliação de conceitos a fim de selecionar o que melhor se adequa aos objetivos do projeto. Diferentemente dessa situação, o projeto do Redesign do Telemedidor (FARIAS, 2017) passou por etapas de ideação de diversas alternativas até que um conceito fosse selecionado através de análises realizadas com usuários, podendo mensurar as ideias através de alguns fatores de design. Enquanto que no projeto do Monitor MMRR 7032, o conceito passou por alterações porque não houve uma análise clara da seleção do conceito. Dessa maneira, a funcionalidade dos fatores de design se dá através de avaliações realizadas entre a equipe e, inclusive, por usuários que fazem parte do co-design, de modo que a seleção de conceito seja alcançada estrategicamente, cumprindo os objetivos do projeto.

5.1. Recomendações

Como sugestão para refinar a ideação do processo de desenvolvimento dos projetos da instrumentação nuclear, orienta-se que a equipe incorpore hábitos de elaborar sketches até que diversas alternativas sejam elaboradas, sejam avaliadas através de critérios, entre eles, os fatores de design, como forma de evitar retrabalhos, otimizar tempo e custos, e até alcançar a inovação almejada.

Uma série de métodos clássicos do design (como por exemplo: BAXTER, 2011; BOMFIM, 1995; BONSIEPE, 1983; LOBACH, 2001; MUNARI, 2008) incorporam na conceituação a geração de alternativas e avaliação destas como parte essencial do processo de design. A criação de um produto, serviço ou sistema faz parte do processo de design industrial e, nesse sentido, a elaboração de um projeto de instrumentação nuclear se enquadra no processo de design. O método serve tanto para auxiliar no desenvolvimento de produto para obter êxito, quanto para se mesclar com outros métodos e guiar o projetista a planejar detalhadamente as etapas, podendo adequá-las aos objetivos do projeto. Nesse sentido, o método de design se ajusta aos objetivos do projeto, como por exemplo, o projeto do Redesign do Telemedidor (FARIAS, 2017) que aborda a inter-relação entre o método de design de Lobach (LOBACH, 2001) e o método de design centrado no ser humano (IDEO, 2009).

Durante a pesquisa de campo, notou-se que equipe de projeto do setor de instrumentação IEN não possui o hábito de gerar alternativas e avaliar a ideia até que o conceito seja selecionado. Segundo a equipe, o processo tido como metodologia de projeto é flexibilizado diante das demandas, é baseado na ISO 9241 e fornece abordagens e requisitos organizacionais de projeto na qual as atividades são centradas no usuário (FARIAS et al., 2009; ISO-9241, 2010). Esta pesquisa também revelou que a equipe anseia por ideias inovadoras, mas o seu método de projeto parece não estimular essa prática.

Visto que o design tem sido reconhecido e ensinado como um processo de equipe na engenharia (DYM; WESNER; WINNER, 2003), a geração de ideias e a seleção delas é a parte inicial de um processo inovador (RIETZSCHEL; NIJSTAD; STROEBE, 2010). Cabe a este estudo recomendar que a equipe inclua em seu processo atividades de ideações, como também, a avaliação das alternativas para que um conceito seja selecionado (Figura 19).

Método de Design para o Projeto de Protótipo na Instrumentação Nuclear



Figura 19 - Proposta de recomendação

Fonte: Elaborada pela autora

Propõe-se que os fatores norteadores, visto neste estudo como fatores de design sejam considerados nas etapas iniciais do projeto para auxiliar a equipe à definir os critérios e considerar aspectos que não devem ser esquecidos ao longo do desenvolvimento das soluções. Esses fatores de design serão fundamentais nas fases posteriores do desenvolvimento do protótipo para apoiar as tomadas de decisões durante a avaliação das alternativas e até dos modelos na fase de testes, como ocorreu no projeto do redesign do Telemedidor (página 69 – Item 4.3.1).

É recomendável que a equipe promova workshops de co-criação, visto que o pessoal busca soluções inovadoras e já costuma integrar usuários no desenvolvimento. Inúmeros processos de gerar alternativas existem, um dos mais clássicos é o *brainstorm*, em que o grupo de projeto é

estimulado por um líder a produzirem livremente inúmeras ideias (MORAES; SANTA ROSA, 2012). Outra técnica que apoia a criação de ideias é o *blueprint* que se trata de uma matriz para auxiliar o projetista a entender o produto ou serviço sob o ponto de vista de suas interações, mapeamento de experiências, além de aliar o HCD aos objetivos do projeto. No design a geração de alternativas é intrinsecamente vivenciada pelo hábito de gerar inúmeras ideias, visto que isso é um processo iterativo e refina o desenvolvimento das ideias.

Já as técnicas de seleção de conceitos também são diversas de acordo com a literatura (OKUDAN; TAUHID, 2008). Há técnicas qualitativas, como a caixa morfológica a qual reúne numa tabela as características, fatores ou funcionalidades desejáveis de um determinado sistema/produto a ser desenvolvido (MORAES; SANTA ROSA, 2012). Há, também, técnicas multifuncionais e quantitativas como a Implantação de função de qualidade baseada em equipe destinada a fornecer uma maneira sistemática de melhorar a qualidade do produto (OKUDAN; TAUHID, 2008).

Como possível trabalho futuro, propõe-se um estudo da aplicação de atividades de ideação e seleção de conceitos que norteie a equipe de projeto de instrumentação a praticar esse processo tido nas fases iniciais do desenvolvimento do produto, por exemplo. Nas etapas divergentes consistiria na geração de alternativas conceituais, e nas etapas convergentes se destinaria à avaliação e seleção dos melhores conceitos entre as alternativas propostas diante de fatores de design que influenciam as tomadas decisões.

CONCLUSÃO

A problemática sobre a seleção de conceitos no processo de conceituação do design existe em projetos da instrumentação nuclear porque constatou-se que a equipe não pratica a geração de alternativas e, conseqüentemente, não há a um processo claro de como o conceito é selecionado. Com isso, esse estudo compreendeu as práticas de design participativo, visto que a equipe de projeto vivencia essa abordagem em seus projetos; concebeu como os fatores de design são absorvidos pelos entrevistados e recomendou a prática de gerar inúmeras ideias para vivenciar a seleção de conceito através de técnicas ainda não aplicadas, mas que cabem à estudos futuros a partir desta pesquisa.

Inicialmente, a pesquisa buscou compreender as diferentes práticas de desenvolver projetos entre a equipe porque na literatura há abordagens sobre o design participativo, colaborativo e design centrado no ser humano. Embora essas práticas pareçam ser similares, trabalhos publicados que não são da área do design não se atentam às particularidades de tal assunto, como verificado em alguns trabalhos elaborados no setor de projetos do IEN. Além disso, foi possível observar nesse estudo a conexão entre os fatores humanos com o design porque ambos enfatizam as necessidades e habilidades dos usuários para refinar um projeto. Notou-se que os fatores humanos são predominantemente abordados nos projetos de instalações nucleares, como na modernização de salas de controle e no projeto de interfaces, de modo que os erros sejam minimizados e o desempenho humano seja aprimorado. Nesse cenário, o design atende aos requisitos ergonômicos, considera conceitos estéticos, simbólicos e cognitivos para que o resultado seja eficiente e eficaz.

Quando o design passa a ser um tópico de interesse em áreas como a engenharia, arquitetura e outros, o projetista passa a compreender à fundo a natureza dos artefatos e considera fatores que influenciam o objetivo do projeto. Se esse processo é realizado em equipe, um fluxo maior de conhecimentos é promovido e os resultados demonstram ser superiores diante daquilo que foi projetado individualmente. Isso ocorre porque a equipe precisa tomar decisões como escolher a melhor ideia que alcance o objetivo do projeto, mas, ainda assim, há uma problemática ao analisar e avaliar os conceitos gerados pela existência de tendências, consensos ou preferências da equipe sobre uma determinada ideia. À vista disso, o processo que envolve tomar a decisão sobre o conceito a ser selecionado pode ser auxiliado pela consideração de fatores de design acondicionados através de técnicas de avaliação dos conceitos.

Ao analisar os fatos para entender o problema de pesquisa no setor de projetos de instrumentação do IEN, foi observado como a equipe vivenciou uma evolução dos procedimentos, assim como foi analisado o desenvolvimento de determinados projetos para investigar o processo de selecionar conceitos. Verificou-se, então, que não é usual a prática de gerar várias alternativas de ideias ou sketches no desenvolvimento de projetos e que há uma omissão sobre os aspectos de avaliar o conceito, o que levava ao aumento nas modificações de projeto, como ocorreu no processo de desenvolvimento o projeto do monitor MMRR 7032. Para compreender como o projeto é conduzido e como a tomada de decisão é influenciada na fase conceitual do projeto, um questionário foi aplicado para 10 projetistas do setor da instrumentação do IEN afim de verificar como o pessoal incorpora os fatores de design no projeto. O questionário foi aplicado para um grupo focal, ou seja, um grupo representativo com perfis heterogêneos e composto por dez projetistas entre eles técnicos, mestres e doutores do setor de projetos da instrumentação nuclear do IEN. Foi-lhes apresentado os objetivos da pesquisa, cuja atividade não era buscar repostas certas ou erradas, mas colher as impressões dos participantes sobre aspectos que influenciam os conceitos de um projeto através de um questionário com escala likert.

Os resultados ressaltaram que os projetistas ainda que preferiram soluções inovadoras e abordem o usuário como uma ferramenta integradora no projeto, limitações se aplicam sobre suas preferências, como questões de segurança não resolvidas de modo que o conceito do projeto absorva mais restrições; questões de prazos e custos que afetam a qualidade e continuidade de conceitos; ou quando há omissão de técnicas que promovam a viabilidade técnica juntamente à inovação e a estética almejada. De fato, há desafios de projetar soluções inovadoras quando não há etapas de ideação que combinem a intuição e a razão e, ao mesmo tempo, cumpra os requisitos de segurança, sustentáveis, sociais e econômicos, respeitando também a identidade cultural e valorizando o produto simbólico no contexto das economias emergentes. Ainda que o método utilizado pelos projetistas da instrumentação do IEN seja flexibilizado, se faz necessário a inclusão de etapas que fomentem as ideias e a criatividade. Essa inclusão não deve ser considerada como uma rotina de atividade preestabelecida, mas sim uma sequência de ações projetuais. Assim como o design se enquadra num progresso constante, o processo de etapas admitido pela equipe parece estar sob uma evolução diante da complexidade no processo de desenvolver projetos no setor da instrumentação.

Acredita-se que a ausência de um profissional de design no setor de instrumentação do IEN inibi a aclarar as questões do processo de design. Diferentemente da engenharia que possui

métodos próprios, relacionados a seus objetivos de estudo, o design relaciona conhecimentos interdisciplinares com a ergonomia, sociologia, psicologia, entre outros. O design é múltiplo, articulador e estimulante do processo e parece estar em um permanente processo de expansão, ou seja, o design tende ao infinito, ele dialoga em algum nível com quase todos os outros campos de conhecimento (CARDOSO, 2012). Nesse sentido, o design é construtivo porque se atenta em investigar como o processo deveria ser através da análise, da criatividade, da síntese, da geração de formas ou da materialização.

Após a compreensão sobre as práticas de design participativo e sobre os aspectos e fatores projetuais vivenciados pela equipe do setor de projeto da instrumentação nuclear do IEN, os resultados dessa dissertação podem fomentar novas pesquisas, tais como estudos de técnicas aplicadas para gerar alternativas de ideias por engenheiros do setor nuclear, assim como a aplicação de métodos quantitativos de seleção de conceito, visto que o ambiente de estudo desta pesquisa não incorpora essas etapas em seu processo de desenvolvimento do design. Na literatura de design há diversos métodos de tomada de decisão que tendem a produzir resultados diferentes para selecionar ou classificar um conjunto de alternativas de decisão. A aplicação de ferramentas para seleção de conceitos contribuirá para a pesquisa de design e de engenharia nuclear sobre como mensurar a qualidade da ideia e classificá-la por meio de critérios, pesos e resultados de avaliação.

Referências Bibliográficas

AGRELL, A.; GUSTAFSON, R. Innovation and creativity in work groups. In: **Handbook of work group psychology**. In M. A. W ed. Chichester, UK: Wiley, 1996. p. 314–343.

AKRAMI, G.; FAIZI, M.; MORADI, A. M. The impact of designers' goals on design-by-analogy. **Design Studies**, v. 51, p. 1–24, 2017.

AL-MASKARI, A.; SANDERSON, M. A review of factors influencing user satisfaction in information retrieval. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 5, p. 859–868, maio 2010.

ÁLVAREZ, L. M. A Guide to Overcoming Barriers to Organizational Change. In: JOSSEY-BASS (Ed.). . **Knowledge for Action**. Chris Argy ed. San Francisco CA: [s.n.]. p. 419–422.

AMOUSSOU, G. A.; CASHMAN, E. The science of design: A multidisciplinary research experience for undergraduates at Humboldt State University. **Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE**, p. 32–37, 2006.

ANDERSEN, L. B.; DANHOLT, P.; HALSKOV, K.; HANSEN, N. B.; LAURITSEN, P. Participation as a matter of concern in participatory design. **CoDesign**, v. 11, n. 3–4, p. 250–261, 2 out. 2015.

ANDREAS, S. **Influencing Factors in Usability Tests The testing Situation, the Product Prototype, and the Test User**. [s.l.] Universidade de Freiburg, 2010.

BAEK, J. S.; MERONI, A.; MANZINI, E. A socio-technical approach to design for community resilience: A framework for analysis and design goal forming. **Design Studies**, v. 40, p. 60–84, 2015.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 4, n. 2, p. 183–196, abr. 1992.

BAUSE, K.; RADIMERSKY, A.; IWANICKI, M.; ALBERS, A. Feasibility studies in the product development process. **Procedia CIRP**, v. 21, p. 473–478, 2014.

BAXTER, M. **Projeto de Produto. Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. 2ª. rev ed. São Paulo: [s.n.].

BETTENCOURT, M. P. da L.; CIANCONI, R. de B. Produção e Compartilhamento do Conhecimento Nuclear: um estudo de caso no IEN/CNEN. **Políticas De Informação Para a Sociedade**, p. 175–187, 2011.

BLIND, K. **The Impact of Standardization and Standards on Innovation**. Manchester: [s.n.]. Disponível em: <<http://research.mbs.ac.uk/innovation/>>.

BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. [s.l.] Editora Universitária, 1995.

BONNARDEL, N. **Creativity in design activities**. Proceedings of the third conference on Creativity & cognition - C&C '99. **Anais...**New York, New York, USA: ACM Press, 1999Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=317561.317589>>

BONNARDEL, N. Towards understanding and supporting creativity in design: analogies in a constrained cognitive environment. **Knowledge-Based Systems**, v. 13, n. 7–8, p. 505–513,

dez. 2000.

BONSIEPE, G. **Design: como prática de projeto**. São Paulo: [s.n.].

BORING, R. L.; ULRICH, T. A.; JOE, J. C.; LEW, R. T. Guideline for Operational Nuclear Usability and Knowledge Elicitation (GONUKE). **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 1327–1334, 1 jan. 2015.

BOWEN, S.; DURRANT, A.; NISSEN, B.; BOWERS, J.; WRIGHT, P. The value of designers' creative practice within complex collaborations. **Design Studies**, v. 46, p. 174–198, 2016.

BOYE KURANCHIE-MENSAH, E.; AMPONSAH-TAWIAH, K. Employee motivation and work performance: A comparative study of mining companies in Ghana. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 2, p. 255, 25 abr. 2016.

BOZEMAN, B.; CORLEY, E. Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. **Research Policy**, v. 33, n. 4, p. 599–616, 1 maio 2004.

BRATTETEIG, T.; WAGNER, I. Unpacking the Notion of Participation in Participatory Design. **Computer Supported Cooperative Work (CSCW)**, v. 25, n. 6, p. 425–475, 2 dez. 2016.

BRITANNICA ENCYCLOPEDIA. **Likert scale**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Likert-Scale>>. Acesso em: 3 nov. 2018.

BUSBY, J. S. Practices in Design Concept Selection as Distributed Cognition. **Cognition, Technology & Work**, v. 3, p. 140–149, 2001.

CAMPELO, V. **IEN 50 Anos**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <[http://memoria.cnen.gov.br/doc/pdf/Relatorios/IEN 50 anos.pdf](http://memoria.cnen.gov.br/doc/pdf/Relatorios/IEN%2050%20anos.pdf)>.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CARROLL, J. M. Five reasons for scenario-based design. **Interacting with Computers**, v. 13, n. 1, p. 43–60, 2000.

CARVALHO, P. V. R.; DOS SANTOS, I. L.; GOMES, J. O.; BORGES, M. R. S.; GUERLAIN, S. Human factors approach for evaluation and redesign of human–system interfaces of a nuclear power plant simulator. **Displays**, v. 29, n. 3, p. 273–284, 1 jul. 2008.

CARVALHO, P. V. R.; SANTOS, I. J. A. L.; VIDAL, M. C. R. Human System Interface Design and Operators Cognitive Strategies. **The Ergonomics Open Journal**, v. 1, n. 1, p. 39–45, 13 out. 2008.

CHAKRABARTI, A.; LINDEMANN, U. **Impact of Design Research on Industrial Practice**. London: Springer London, 2015.

CHAMMAS, A.; QUARESMA, M.; MONT'ALVÃO, C. A Closer Look on the User Centred Design. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 5397–5404, 2015.

CHAN, S. W.; ZAMAN, I.; AHMAD, F.; LIEW, C. Y. Identification of The Concept Selection Method for Product Design and Development in The Manufacturing Industry. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 7, p. 352–355, 2018.

CHOI, B. C.; PAK, A. W. Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: Definitions, objectives, and evidence of

effectiveness. **Clin Invest Med**, v. 29, n. 6, p. 351–364, 2006.

CHRISTENSEN, B. T.; BALL, L. J. Creative analogy use in a heterogeneous design team: The pervasive role of background domain knowledge. **Design Studies**, v. 46, p. 38–58, 2016.

CHRYSIKOU, E. G.; WEISBERG, R. W. Following the wrong footsteps: Fixation effects of pictorial examples in a design problem-solving task. **Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition**, v. 31, n. 5, p. 1134–1148, 2005.

Collaborative and Participatory Design — School of Technology. Disponível em: <https://www.tech.cam.ac.uk/Ethics_guidance/Collaborative-and-Participatory-Design>. Acesso em: 10 jun. 2018.

CZARNECKI, J. **As Design Is Becoming More Interdisciplinary, So Are Products**. Disponível em: <<https://www.iidarmc.org/as-design-is-becoming-more-interdisciplinary-so-are-products/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

Dicionário Aurélio de Português. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/robusto>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

DIJKSTERHUIS, A. Think different: The merits of unconscious thought in preference development and decision making. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 87, n. 5, p. 586–598, 2004.

DONG, A.; SARKAR, S.; YANG, M. C.; HONDA, T. A linguistic approach to assess the dynamics of design team preference in concept selection. **Research in Engineering Design**, v. 25, n. 1, p. 75–92, 6 jan. 2019.

DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTONIO, J.; ANTUNES, V. Design Science Research : método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

DUYSBURGH, P.; NAESSENS, K.; KONINGS, W.; JACOBS, A. Collaboration in a Multidisciplinary, Distributed Research Organization: A Case Study. **Higher Education Policy**, v. 25, n. 3, p. 267–288, 16 set. 2012.

DYM, C. L.; WESNER, J. W.; WINNER, L. Social Dimensions of Engineering Design: Observations from Mudd Design Workshop III. **Journal of Engineering Education**, v. 92, n. 1, p. 105–107, jan. 2003.

ELING, K.; LANGERAK, F.; GRIFFIN, A. The Performance Effects of Combining Rationality and Intuition in Making Early New Product Idea Evaluation Decisions. **Creativity and Innovation Management**, v. 24, n. 3, p. 464–477, 2015.

EYTAM, E.; TRACTINSKY, N.; LOWENGART, O. The paradox of simplicity: Effects of role on the preference and choice of product visual simplicity level. **International Journal of Human Computer Studies**, v. 105, n. February, p. 43–55, 2017.

FARIAS, L. **Telemedidor Dectec: uma proposta de redesign**. [s.l.] UFRJ, 2017.

FARIAS, L. P.; SANTOS, I. J. A. L.; CARVALHO, P. V. R.; BEANY, G. **Human Factors Engineering Applied to Control Centre Design of a Research Nuclear Reactor**. (X. ENFIR, Ed.) International Nuclear Atlantic Conference. **Anais...Belo Horizonte: 2017** Disponível em: <<http://www.inac2017.org.br/enfir>>

FARIAS, M. S.; SANTOS, I. J. A. L.; GRECCO, C. H. S.; PEDROSA, P. S.; COLTHURST,

- C. M.; SZABÓ, A. P. **the Users Centered Design of a New Digital Fluorometer**. International Nuclear Atlantic Conference. **Anais...**Rio de Janeiro: INAC, 2009
- FAWCETT, J. Thoughts About Multidisciplinary, Interdisciplinary, and Transdisciplinary Research. **Nursing Science Quarterly**, 2013.
- FENN, T.; HOBBS, J. **Conceiving and Applying Relationship Models for Design Strategy**. (KES International, Ed.)6th International Conference on Research into Design (ICoRD '17). **Anais...**Canberra, Australia: 2017Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-3521-0_45>
- FREIRE, L. L.; AREZES, P. M.; CAMPOS, J. C. A literature review about usability evaluation methods for e-learning platforms. **Work**, v. 41, n. SUPPL.1, p. 1038–1044, 2012.
- FUQUA, J. Toward a Better Understanding of the Definition of Transdisciplinary Scientific Collaboration. **Authors / Californian Journal of Health Promotion**, v. 10, n. 1, 2011.
- GEMSER, G.; LEENDERS, M. A. A. M. How integrating industrial design in the product development process impacts on company performance. **Journal of Product Innovation Management**, v. 18, n. 1, p. 28–38, 2001.
- GERUNDINO, D. **Standardization and innovation**. ISO-CERN Conference Proceedings. **Anais...**Geneva: 2014Disponível em: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/standardization_and_innovation.pdf>
- GIACOMIN, J. What Is Human Centred Design? **The Design Journal**, v. 17, n. 4, p. 606–623, 28 dez. 2014.
- GIBBS, G. **Improving Student Learning: Through Assessment and Evaluation**. UK: Oxford Brookes University Oxford Centre for Staff, 1995.
- GILES, C. **Simple and Usable - web, mobile and interaction design**. Berkeley, CA: [s.n.]. v. 91
- GOLDSCHMIDT, G. Visual Analogy - A strategy for Design Reasoning and Learning. **Design Knowing and Learning: Cognition in Design Education**, n. June, p. 199–219, 2001.
- GONÇALVES, M.; CARDOSO, C.; BADKE-SCHAUB, P. What inspires designers? Preferences on inspirational approaches during idea generation. **Design Studies**, v. 35, n. 1, p. 29–53, 2014.
- GRAY, C. M.; YILMAZ, S.; DALY, S.; SEIFERT, C.; GONZALEZ, R. What Problem Are We Solving ? Encouraging Idea Generation and Effective Team Communication. **LearnxDesign: The 3rd International Conference for Design Education Researchers and PreK-16 Design Educators**, n. JUNE, 2015.
- GREGORY, J. Scandinavian Approaches to Participatory Design. **International Journal of Engineering Education**, v. 19, n. 1, p. 62–74, 2003.
- HAFIZA, N. S.; SHAH, S. S.; JAMSHEED, H. Relationship between Rewards and Employee's Motivation in the Non-Profit Organizations of Pakistan. **Business Intelligence Journal**, v. 4, n. 12, p. 327–334, 2011.
- HARHOFF, D.; HENKEL, J.; VON HIPPEL, E. Profiting from voluntary information

spillovers: How users benefit by freely revealing their innovations. **Research Policy**, v. 32, n. 10, p. 1753–1769, 2003.

HOLM, I. **Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the built environment.** [s.l.] Oslo School of Architecture and Design, 2006.

HOLT, K. Does the engineer forget the user? **Design Studies**, v. 10, n. 3, p. 163–168, 1989.

HORBERRY, T.; BURGESS-LIMERICK, R.; COOKE, T.; STEINER, L. Improving Mining Equipment Safety Through Human-Centered Design. **Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications**, v. 24, n. 3, p. 29–34, 27 jul. 2016.

HORNBAEK, K. Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 64, n. 2, p. 79–102, fev. 2006.

HUCHZERMEIER, A.; LOCH, C. H. Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R...D. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 85–101, 2001.

HUGO, J. V.; KOVESDI, C. R.; JOE, J. C. The strategic value of human factors engineering in control room modernization. **Progress in Nuclear Energy**, v. 108, p. 381–390, 1 set. 2018.

IDEO. **Human Centered Design Toolkit.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://brazil.enactusglobal.org/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/Field-Guide-to-Human-Centered-Design_IDEOorg_Portuguese-73079ef0d58c8ba42995722f1463bf4b.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2018.

IDEO. **The Field Guide to Human-Centered Design.** Canada: [s.n.]. Disponível em: <http://bestgraz.org/wp-content/uploads/2015/09/Field-Guide-to-Human-Centered-Design_IDEOorg.pdf>.

Instrumentação e sistemas de controle. Disponível em: <<http://www.ien.gov.br/index.php/instrumentacao-e-sistemas-de-controle>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

Instrumentação Nuclear. Disponível em: <www.ien.gov.br/index.php/instrumentacao-nuclear>. Acesso em: 14 abr. 2018.

ISO- 9241. **ISO 9241 Ergonomics of human-system interaction: Human-centred design for interactive systems.** Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 10 maio. 2018.

ISO 9241-210. **ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction: Human-Centered design for interactive systems**ISO. [s.l.: s.n.].

KARVONEN, K. The beauty of simplicity. **Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability**, p. 85–90, 2000.

KAZEROUNIAN, K.; FOLEY, S. Barriers to Creativity in Engineering Education: A Study of Instructors and Students Perceptions. **Journal of Mechanical Design**, v. 129, n. 7, p. 761, 2007.

KICHUK, S. L.; WIESNER, W. H. The Big Five personality factors and team performance: Implications for selecting successful product design teams. **Journal of Engineering and**

Technology Management - JET-M, v. 14, n. 3–4, p. 195–221, 1997.

KIM, K.; LEE, K. Industrial designers and engineering designers ; causes of conflicts , resolving strategies , and perceived image of each other. **Proceedings of DRS 2014**, 2014.

KIM, K. M.; LEE, K. P. Two types of design approaches regarding industrial design and engineering design in product design. **DESIGN 2010 - 11th International Design Conference**, p. 1795–1806, 2010.

KIM, K. M.; LEE, K. pyo. Collaborative product design processes of industrial design and engineering design in consumer product companies. **Design Studies**, v. 46, p. 226–260, 2016.

KING, A. M.; SIVALOGANATHAN, S. Development of a Methodology for Concept Selection in Flexible Design Strategies. **Journal of Engineering Design**, v. 10, n. 4, p. 329–349, dez. 1999.

KOHNO, I.; YASU, H.; SUGAWARA, S.; NISHIKAWA, M. **A proposal and validation of cost benefit analysis method of User-Centered Design**. [s.l: s.n.].

LAMPEL, J. The core competencies of effective project execution. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 8, p. 471–483, nov. 2001.

LI, N.; KRAMER, J.; GORDON, P.; AGOGINO, A. Co-author network analysis of human-centered design for development. **Design Science**, v. 4, p. e10, 22 abr. 2018.

LOBACH, B. **Design Industrial - bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: [s.n.].

MAEDA, J. **The Laws of Simplicity**. Cambridge: MIT Press, 2006.

MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 55, n. 4, p. 587–634, out. 2001.

MAO, J.-Y.; VREDENBURG, K.; SMITH, P. W.; CAREY, T. The state of user-centered design practice. **Communications of the ACM**, v. 48, n. 3, p. 105–109, 1 mar. 2005.

MARKMAN, A. **Comparison and choice: Relations between similarity processes and decision processes** *Psychonomic Bulletin & Review*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.3758%2FBF03214410.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

MEISTER, D. **The History of Human Factors and Ergonomics**. 1st. ed. Boca Raton: CRC PRESS, 1999. v. 1

MIASKIEWICZ, T.; KOZAR, K. A. Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? **Design Studies**, v. 32, n. 5, p. 417–430, 2011.

MÓL, A. C. A.; MAURICIO AGHINA, A. C.; CARLOS JORGE, A. F.; COUTO, P. M. Virtual simulations of nuclear plants for dose assessment with on-line measurements collected by networked radiation monitors. **Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, CSE Workshops 2008**, p. 367–372, 2008.

MONTEIRO, J. K. R.; FARIAS, M. S.; MONTEIRO, B. G.; SANTOS, I. J. A. L. **Human-Centered Design of the Human-System Interfaces of Medical Equipment: Thyroid Uptake System**. International Nuclear Atlantic Conference. **Anais...Recife**: ABEN, 2013 Disponível em: <<http://carpedien.ien.gov.br:8080/handle/ien/1849>>

- MORAES, A.; SANTA ROSA, G. **Design Participativo, técnicas para inclusão de usuários no processo de ergodesign de interfaces**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2012.
- MORAN, K. **The Aesthetic-Usability Effect**. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/aesthetic-usability-effect/>>.
- MORTENSEN, D. **The Basics of Recruiting Users for Usability Testing**. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/article/the-basics-of-recruiting-users-for-usability-testing>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- MUELLER, J. S.; MELWANI, S.; GONCALO, J. A. The Bias Against Creativity. **Psychological Science**, v. 23, n. 1, p. 13–17, 29 jan. 2012.
- MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- NADKARNI; GUPTA. A Task-Based Model of Perceived Website Complexity. **MIS Quarterly**, v. 31, n. 3, p. 501, 2007.
- NEMETH, C. P. **Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered**. Cambridge, U.K.: CRC PRESS, 2004.
- NIELSEN, J. **Designing Web usability**. [s.l.] New Riders, 2000.
- NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design | Design Principles FTW**. Disponível em: <<https://www.designprinciplesftw.com/collections/10-usability-heuristics-for-user-interface-design>>. Acesso em: 16 dez. 2018.
- NIELSEN, J. **Introduction to Usability**. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>. Acesso em: 4 out. 2018.
- NIJSTAD, B. A.; STROEBE, W.; LODEWIJKX, H. F. M. Cognitive stimulation and interference in groups: Exposure effects in an idea generation task. **Journal of Experimental Social Psychology**, v. 38, n. 6, p. 535–544, 2002.
- NIKANDER, J. B.; LIIKKANEN, L. A.; LAAKSO, M. The preference effect in design concept evaluation. **Design Studies**, v. 35, n. 5, p. 473–499, 2014.
- NUREG 0700 - **Human-System Interface Design Review Guidelines**. . Washington: [s.n.].
- NUREG 0711 - **Human Factors Engineering Program Review Model**. . Washington: [s.n.].
- OKUDAN, G. E.; TAUHID, S. Concept selection methods - a literature review from 1980 to 2008. **International Journal of Design Engineering**, v. 1, n. 3, p. 243, 2008.
- PECHANSKY, R. **Um Modelo Baseado em Princípios de Usabilidade para Aplicação em Interfaces de Usuário para a Interação Humano-Computador**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- PEETERS, M. A. G.; VAN TUIJL, H. F. J. M.; REYMEN, I. M. M. J.; RUTTE, C. G. The development of a design behaviour questionnaire for multidisciplinary teams. **Design Studies**, v. 28, n. 6, p. 623–643, 2007.
- PERROW, C. **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies**. New York: Basic Books, 1984.
- PETRE, M. How expert engineering teams use disciplines of innovation. **Design Studies**, v.

25, n. 5, p. 477–493, 2004.

PHAM, B. **Design for aesthetics: interactions of design variables and aesthetic properties**. Proceeding of SPIE IS&T/SPIE 11th Annual Symposium - Electronic Imaging '99. **Anais...**San Jose, USA: 1999Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=979034>>

PO-CINT. **Procedimento Operacional - PO-CINT-02**. Rio de Janeiro: [s.n.].

PQ-CINT. **Manual de Qualidade MQ-CINT-01**. Rio de Janeiro: [s.n.].

PRATSCHKE, A.; PEREIRA DE ALMEIDA, C. R.; LA, R.; RODRIGO, R.; SANTIAGO, P. **Da Participação à Colaboração Estruturando Ambientes Digitais De Conhecimento**. IX Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital. **Anais...**Peru: Sigradi, Visión y Visualización. Lima : Sigradi e Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015Disponível em: <www.eesc.usp.br/nomads>. Acesso em: 2 jul. 2018

RAJANEN, M. **Usability Cost-Benefit Models - Different Approaches to Usability Benefit Analysis**. 26th Information Systems Research Seminar In Scandinavia (IRIS26). **Anais...**Haikko: 2014

RAZZAGHI, M.; RAMIREZ, M.; ZEHNER, R. Cultural patterns in product design ideas: comparisons between Australian and Iranian student concepts. **Design Studies**, v. 30, n. 4, p. 438–461, 2009.

RIETZSCHEL, E. F.; NIJSTAD, B. A.; STROEBE, W. The selection of creative ideas after individual idea generation: Choosing between creativity and impact. **British Journal of Psychology**, v. 101, n. 1, p. 47–68, 2010.

ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. Paradigmas Da Comunicação Humano-Computador E O Design De Interfaces. In: **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. São Paulo: NIED - UNICAMP, 2003.

ROEDL, D. J.; STOLTERMAN, E. **Design research at CHI and its applicability to design practice**. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13. **Anais...**New York, New York, USA: ACM Press, 2013Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2470654.2466257>>

ROSENMAN, M. A. . Qualitative evaluation for topological specification in conceptual design. **Applications and Techniques of Artificial Intelligence in Engineering**, v. 2, p. 311–326, 1993.

ROUSE, W. B. **Design for Success: A human-Centered Approach to Designing Successful Products and Systems**. New York: Wiley-Interscience, 1991.

RUBIN, J.; CHISNELL, D. **Handbook of Usability Testing Second Edition How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.

SANDERS, E. B.-N.; STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign**, v. 4, n. 1, p. 5–18, mar. 2008.

SANTOS, I. J. A. L.; FARIAS, L. P.; PONTE, L. T. L.; GABRIEL, L.; CASTRO, H. M.; FARIAS, M. S.; CARVALHO, P. V. R.; FILHO, M. V. **Emergency Control Room Design of a Nuclear Reactor Used To Produce Radioisotope**. International Nuclear Atlantic Conference. **Anais...**São Paulo: XIX ENFIR, 2015

- SANTOS, I. J. A. L.; FARIAS, M. S.; FERRAZ, F. T.; HADDAD, A. N.; HECKSHER, S. Human factors applied to alarm panel modernization of nuclear control room. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 26, n. 6, p. 1308–1320, 2013.
- SANTOS, I. J. A. L.; FARIAS, M. S.; MONTEIRO, B. G.; FALCÃO, M. A.; MARCELINO, F. D. Using participatory ergonomics to improve nuclear equipment design. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 24, n. 5, p. 594–600, 2011.
- SCARIOT, C. A.; HEEMANN, A.; PADOVANI, S. Understanding the collaborative-participatory design. **IOS Press**, v. 41, n. IEA 2012: 18th World congress on Ergonomics-Designing a sustainable future, p. 2701–2705, 2012.
- SCHØNHEYDER, J. F.; NORDBY, K. The use and evolution of design methods in professional design practice. **Design Studies**, p. 1–27, 2018.
- SHAH, J. J.; SMITH, S. M.; VARGAS, H. N. Metrics for measuring ideation effectiveness. **Design Studies**, v. 24, n. 2, p. 111–134, mar. 2003.
- SILVA, T. A. de O.; SANTIAGO, L. P. New product development projects evaluation under time uncertainty. **Pesquisa Operacional**, v. 29, n. 3, p. 517–532, dez. 2009.
- SIMONSEN, J.; ROBERTSON, T. Routledge international handbook of participatory design. In: [s.l.] Routledge, 2013. p. 295.
- SONNENWALD, D. H. Communication roles that support collaboration during the design process. **Design Studies**, v. 17, n. 3, p. 277–301, 1 jul. 1996.
- STARKEY, E.; TOH, C. A.; MILLER, S. R. Abandoning creativity: The evolution of creative ideas in engineering design course projects. **Design Studies**, v. 47, p. 47–72, 2016.
- STOMPFF, G.; SMULDERS, F.; HENZE, L. Surprises are the benefits: reframing in multidisciplinary design teams. **Design Studies**, v. 47, p. 187–214, 2016.
- SUNDQVIST, E.; BACKLUND, F.; CHRONÉER, D. What is Project Efficiency and Effectiveness? **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119, n. February 2015, p. 278–287, 2014.
- TAFFE, S. The hybrid designer/end-user: Revealing paradoxes in co-design. **Design Studies**, v. 40, p. 39–59, 2015.
- THOMPSON, D. V.; HAMILTON, R. W.; RUST, R. T. Feature Fatigue: When Product Capabilities Become Too Much of a Good Thing. **Journal of Marketing Research**, v. 42, n. 4, p. 431–442, 16 nov. 2005.
- TIM BROWN; JOCELYN WYATT. **Design Thinking for Social Innovation**. Disponível em: <https://ssir.org/articles/entry/design_thinking_for_social_innovation>. Acesso em: 14 jul. 2018.
- TIWARI, V.; JAIN, P. K.; TANDON, P. A bijective soft set theoretic approach for concept selection in design process. **Journal of Engineering Design**, v. 28, n. 2, p. 100–117, 2017.
- TOH, C. A.; MIELE, L. M.; MILLER, S. R. **Which One Should I Pick? Concept Selection in Engineering Design Industry**. Volume 7: 27th International Conference on Design Theory and Methodology. **Anais...ASME**, 2 ago. 2015 Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?doi=10.1115/DETC2015-46522>>. Acesso em: 4 jul. 2018

- TOH, C. A.; MILLER, S. R. **The Role of Individual Risk Attitudes on the Selection of Creative Concepts in Engineering Design**. Volume 7: 2nd Biennial International Conference on Dynamics for Design; 26th International Conference on Design Theory and Methodology. *Anais...ASME*, 17 ago. 2014Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?doi=10.1115/DETC2014-35106>>
- TOH, C. A.; MILLER, S. R. How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity. *Design Studies*, v. 38, p. 111–138, 2015.
- TOH, C. A.; MILLER, S. R. Creativity in design teams: the influence of personality traits and risk attitudes on creative concept selection. *Research in Engineering Design*, v. 27, n. 1, p. 73–89, 2016a.
- TOH, C. A.; MILLER, S. R. Choosing creativity: the role of individual risk and ambiguity aversion on creative concept selection in engineering design. *Research in Engineering Design*, v. 27, n. 3, p. 195–219, 2016b.
- TOH, C. A.; PATEL, A.; STROHMETZ, A. A.; MILLER, S. R. My Idea Is Best ! Ownership Bias and Its Influence on Engineering Concept Selection. **Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference**, p. 1–10, 2015.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. **Product Design And Development**. [s.l: s.n.].
- VECHAKUL, J.; SHRIMALI, B. P.; SANDHU, J. S. Human-Centered Design as an Approach for Place-Based Innovation in Public Health: A Case Study from Oakland, California. *Maternal and Child Health Journal*, v. 19, n. 12, p. 2552–2559, 22 dez. 2015.
- VENKATESH, A.; DIGERFELDT-MÅNSSON, T.; BRUNEL, F. F.; CHEN, S. Design orientation: A grounded theory analysis of design thinking and action. *Marketing Theory*, v. 12, n. 3, p. 289–309, 2012.
- VISSER, F. S.; STAPPERS, P. J.; VAN DER LUGT, R.; SANDERS, E. B. -N. Contextmapping: experiences from practice. *CoDesign*, v. 1, n. 2, p. 119–149, abr. 2005.
- WATSON, M. E.; RUSNOCK, C. F.; COLOMBI, J. M.; MILLER, M. E. Human-Centered Design Using System Modeling Language. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, v. 11, n. 3, p. 252–269, 13 set. 2017.
- WOODMAN, R. W.; SAWYER, J. E.; GRIFFIN, R. W. Toward a Theory of Organizational Creativity. *Academy of Management Review*, v. 18, n. 2, p. 293–321, 1993.
- XIAO, A.; PARK, S. S.; FREIHEIT, T. A comparinon of concept selection in concept scoring and axiomatic design methods. **Proceedings of the Canadian Engineering Education Association**, 9 ago. 2011.
- YALMAN, Z.; YAVUZCAN, H. G. Co-Design Practice in Industrial Design Education in Turkey A Participatory Design Project. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 197, n. February, p. 2244–2250, jul. 2015.
- YAZDANKHAH, A.; FATHALIPOURBONAB, M. Optimizing New Product Concept Selection Decisions Considering Life Cycle Design Attributes. *International Journal of Modeling and Optimization*, v. 4, n. 2, p. 146–151, 2014.
- YILMAZ, S.; CHRISTIAN, J. L.; DALY, S. R.; SEIFERT, C. M.; GONZALEZ, R. **Idea**

generation in collaborative settings. DS 69: Proceedings of E and PDE 2011, the 13th International Conference on Engineering and Product Design Education. **Anais...**London: Creativity in Design Education, 2011Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84859222485&partnerID=tZOtx3y1>>

YILMAZ, S.; DALY, S. R.; CHRISTIAN, J. L.; SEIFERT, C. M.; GONZALEZ, R. Can experienced designers learn from new tools? A case study of idea generation in a professional engineering team. **International Journal of Design Creativity and Innovation**, v. 2, n. 2, p. 82–96, 2014.

YILMAZ, S.; DALY, S. R.; SEIFERT, C. M.; GONZALEZ, R. Evidence-based design heuristics for idea generation. **Design Studies**, v. 46, p. 95–124, 2016.

ZHENG, X.; RITTER, S. C.; MILLER, S. R. How Concept Selection Tools Impact the Development of Creative Ideas in Engineering Design Education. **Journal of Mechanical Design**, v. 140, n. 5, p. 052002, 23 mar. 2018.

ZHOU, R.; CHAN, A. H. S. Using a fuzzy comprehensive evaluation method to determine product usability: A proposed theoretical framework. **Work**, v. 56, n. 1, p. 9–19, 6 fev. 2017.

ZHU, G. N.; HU, J.; QI, J.; GU, C. C.; PENG, Y. H. An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 3, p. 408–418, 2015.

Apud

Amabile, T. M. **Creativity in Context.** Boulder, CO: Westview Press, 1996.

Hagstrom, W.O. (1964) **The Scientific Community**, New York/London: Basic Books Inc

Hubka, V.; Eder, W. E. **Design science: introduction to needs, scope and organization of engineering design knowledge**, 1996.

Lindbeck, J. R., **Product design and manufacture**, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs New jersey, Löbach, 1995.

Pahl, G.; Wallace, K.; Blessing, L. **Engineering design: a systematic approach.** Springer, v. 157., 2007.

Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D. **Product design and development.** 5ª Ed. McGraw-Hill/Irwin, 2012.

Apêndices

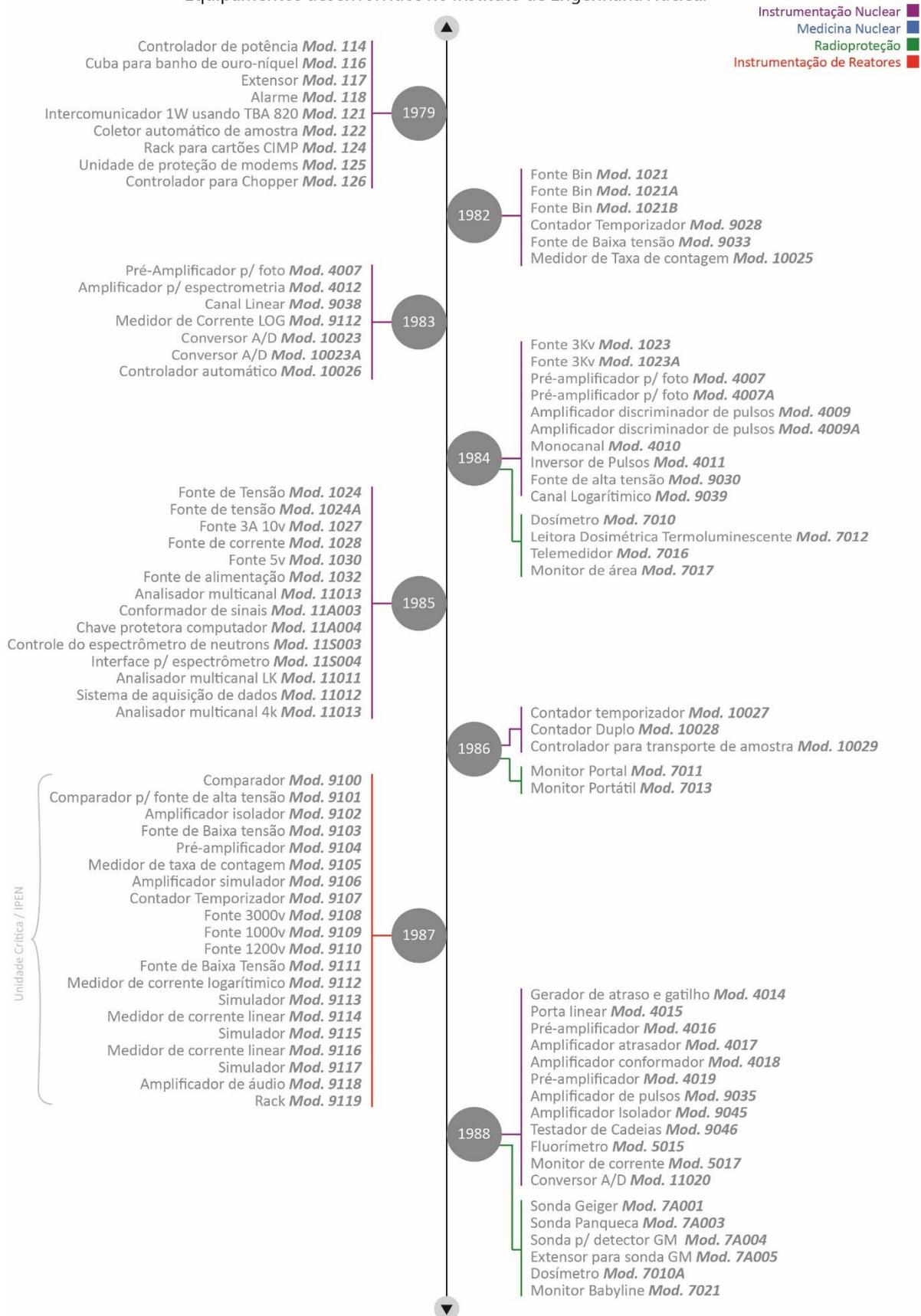
Apêndice 1: linha do tempo dos equipamentos produzidos no IEN

Apêndice 2: Fatores de Desenvolvimento e principais bases científicas

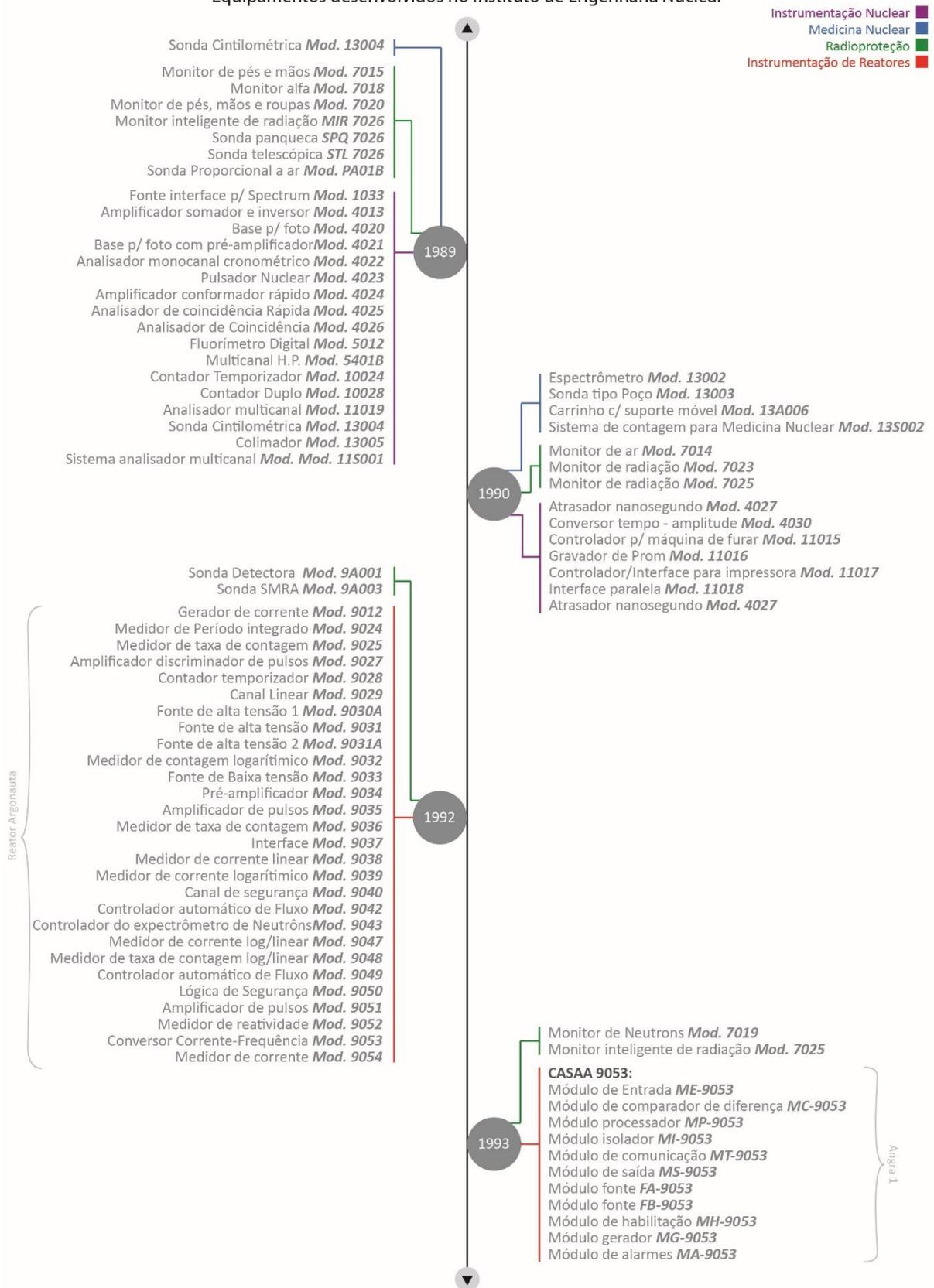
Apêndice 3: Questionário aplicado

Apêndice 1: linha do tempo dos equipamentos produzidos no IEN

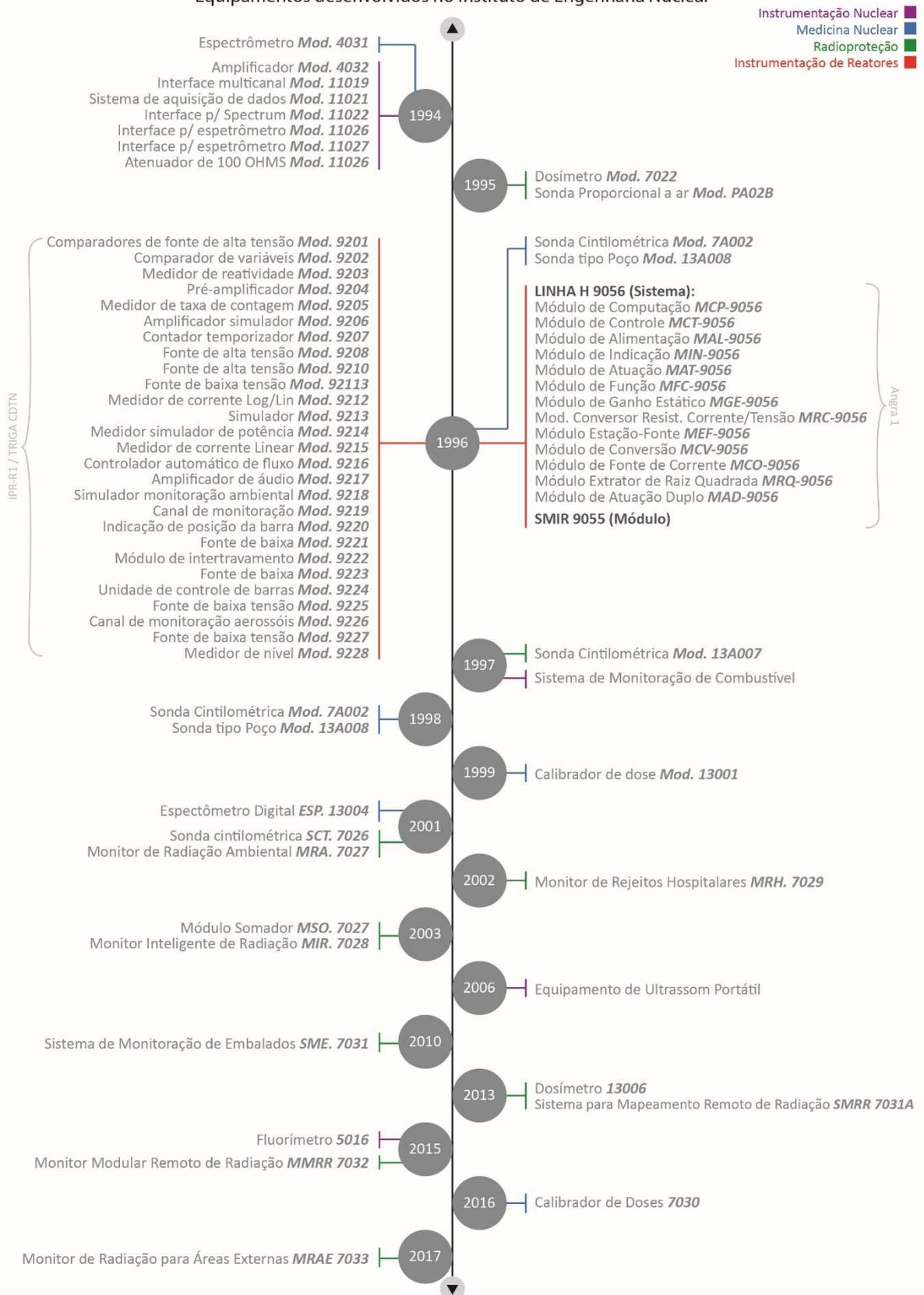
Equipamentos desenvolvidos no Instituto de Engenharia Nuclear



Equipamentos desenvolvidos no Instituto de Engenharia Nuclear



Equipamentos desenvolvidos no Instituto de Engenharia Nuclear



Apêndice 2: Fatores de Desenvolvimento e principais bases científicas

Princípios e fatores de desenvolvimento da instrumentação Nuclear		Escala Likert				Principais Referências				
Fatores de desenvolvimento	Propósito	Princípios relacionados	Afirmações		Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente		
			Q1: Em relação ao usuário	Q2: Em relação ao projeto						
1 - Viabilidade Técnica	Relacionado à facilidade de execução, eficácia de um conceito para satisfazer o objetivo e manutenção do projeto;	Planejamento; Funcionalidade; Facilidade; Manutenção; Princípios de Engenharia; Satisfazer o objetivo do projeto	Q1: O produto/sistema da instrumentação nuclear atendem as necessidades do usuário com relação a facilidade de uso	Q2: Em relação ao projeto	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Nelson et al., Metrics for measuring ideation effectiveness, 2009	Bause et al., Feasibility studies in the product development process, 2014.
			Q2 - Princípios de engenharia são normalmente utilizados no projeto de produto/sistema da instrumentação nuclear		Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Toh & Miller, How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity, 2015.	
			Q3 - A tecnologia necessária para criar um produto/sistema está disponível ou é alcançável no instituto para atender às demandas		Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente		
	Q4 - Minha relação com futuros usuários auxilia os testes de usabilidade.		Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			Zhou, R., Chan, A., Using a fuzzy comprehensive evaluation method to determine product usability: A proposed theoretical framework, 2017	
	Q5 - O desenvolvimento de um produto/sistema pode ser reavaliado diante de incertezas que podem ser geradas quanto a usabilidade	Facilidade de uso; prático	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			M. Maguire, Methods to support human-centred design, 2001.	
2 - Usabilidade	É a condição de um produto, sistema ou serviço ser adequado para uso humano.				Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Nemeth, Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered, 2004.	
					Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Bassem & Scapin, Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces, 1993.	Nemeth, Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered, 2004.
3 - Eficiência	Verificar o desempenho do usuário durante uma execução da tarefa	Desenvolvimento; rendimento; feedback			Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Yilmaz, Z., Yavuzcan, H., Design Practice in Industrial Design Education in Turkey A Participatory Design Project, 2015	
					Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Peeters et al., The development of a design behaviour questionnaire for multidisciplinary teamwork, 2011.	Jamshired, H., Relationship between Rewards and Employee's Motivation in the Non-Profit Organizations of Pakistan, 2011.
4 - Eficiência	Validar se o usuário consegue executar determinada tarefa	Resultados; satisfação			Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Al-Maskari, A., Sanderson, M., A review of factors influencing user satisfaction in information retrieval, 2010.	
					Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Christensen, T & Ball, Linden, B. T., Creative analogy use in a heterogeneous design team, 2016.	Akrami, G., Fazi, M., Moradi, A., The impact of designers' goals on design-by-analogy, 2017.
5 - Analogia	Facilitação na tomada de decisão da equipe e compreensão profunda dos elementos.	Soluções comprovadas pela engenharia; Reutilizar sistemas e processos existentes ou projetar soluções semelhantes a outros			Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente		
					Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente		

6 - Robustez	Característica vigorosa com a expectativa de segurança na interação, durabilidade e resistência do produto.	Tolerância a falhas; prevenção; reversibilidade; comunicação coletiva;	<p>Q16- Acho que a robustez do projeto está além da qualidade da material e sua durabilidade. Ela está atrelada à segurança através do armazenamento de dados, promovendo uma sistema/produto robusto</p> <p>Q17- Processos e ferramentas bem definidas permitem que os envolvidos no projeto expandam a compreensão de suas perspectivas e prioridades colaborando para uma comunicação da equipe mais robusta</p> <p>Q18 - O instituto apoia a prática coletiva em torno dos interesses de projeto permitindo um desenvolvimento mais robusto</p> <p>Q19- As soluções preferenciais de usuários agregam mais benefícios no projeto</p> <p>Q20 - As preferências dos projetistas são levadas em conta em qualquer situação</p> <p>Q21 - Recursos limitados e prazos podem afetar a continuidade de determinada preferência de soluções</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Razaqhi, Ramirez, & Zehner, Cultural patterns in product design. Ideas: comparisons between Australian and Italian student concepts, 2009.</p> <p>Simonsen & Robertson, Routledge handbook of international participatory design, 2013.</p> <p>Toh & Miller, How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity, 2015.</p>
7 - Preferências	Relacionado aos valores intrínsecos do projetista e o que deve ser levado em conta em qualquer solução	Prioridade; Favoritismo; Simpatia; Valores intrínsecos	<p>Q22 - Os envolvidos no projeto com diferentes níveis de especialização e experiências possuem objetivos diferentes, mas ainda assim agregam mais valor no projeto</p> <p>Q23 - Comparar ideias pode facilitar mais do que dificultar as tomadas de decisões no projeto porque podemos considerar os méritos e as desvantagens de cada ideia</p> <p>Q24 - Os projetos do setor de instrumentação são similares e isso ajuda a padronizar as soluções de projetos</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>NIKANEN, LIKKANEN e LAAKSO, The Industrial design: How attitudes, preferences and concept orientations affect in design evaluation, 2014.</p> <p>VISSER, F.; STAPPERS, P.; VAN, R.; SANDERS, E. Contextmapping: experiences from practice. 2005</p>
8 - Comparação de Ideias	Consenso entre as ideias usuais e esperadas no processo de gerar soluções.	Coincidência; união de ideias; entrosamento; Similaridade	<p>Q25 - Partes interessadas dos projetos que não são engenheiros geralmente tem ideias inovadoras</p> <p>Q26 - Prefiro soluções convencionais do que ideias novas e criativas</p> <p>Q27 - O instituto desenvolve mais soluções com pequenas variações sobre o que vem produzindo do que soluções desafiadoras</p> <p>Q28 - A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário</p> <p>Q29 - A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados</p> <p>Q30 - A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto</p> <p>Q31 - Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário</p> <p>Q32 - Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais</p> <p>Q33 - O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity, 2015.</p> <p>HAKRABARTI, A.; LINDEMANN, U. Impact of Design Research on Industrial Practice. 2016</p>
9 - Novidade	Ideia incommon e inesperada em relação à outras ideias.	Tendências; Desejo; Originalidade	<p>Q34 - A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário</p> <p>Q35 - A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados</p> <p>Q36 - A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto</p> <p>Q37 - Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário</p> <p>Q38 - Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais</p> <p>Q39 - O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Harhoff, Henkel & Von Hippel - Profiting from voluntary information spillovers: How users benefit by freely revealing their innovations, 2003.</p> <p>Miller, Scariett R. - Choosing creativity: the role of individual risk and ambiguity aversion on creative innovations, 2003.</p> <p>GERUNDINO, D. Standardization and innovation 2014.</p>
10 - Estética	Agrega sentido de atratividade. Interesse na aparência e sensação.	Aparência; Desejo; Sensação agradável; Atratividade	<p>Q40 - A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário</p> <p>Q41 - A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados</p> <p>Q42 - A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto</p> <p>Q43 - Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário</p> <p>Q44 - Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais</p> <p>Q45 - O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Townsend C., Sood S., Visual aesthetics and the user experience, 1999</p> <p>Pham, B. Design for aesthetics: interactions of design variables and aesthetic properties. 1999</p>
11 - Simplicidade	Facilitar a experiência do usuário	Elementos necessários; organização; praticidade	<p>Q46 - A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário</p> <p>Q47 - A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados</p> <p>Q48 - A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto</p> <p>Q49 - Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário</p> <p>Q50 - Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais</p> <p>Q51 - O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Concordo Totalmente</p> <p>Concordo Parcialmente</p> <p>Discreto Totalmente</p> <p>Discreto Parcialmente</p>	<p>Rousi, R., Silvenoinen, J., Simplicity and the art of something more: A cognitive-semiotic approach, 2000</p> <p>Karvonen, K., The beauty of simplicity, 2000</p>

12 - Custo	Avalia-se os custos e benefícios dos fatores, pessoas e matérias envolvidos.	Custo-benefício; sustentabilidade	Q34 - Projetos que seguem a metodologia de design centrado no usuário podem ter menos custos do que aqueles não aplicam essa abordagem						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Chammas, A.; Quaresma, M.; Mont'Alvão, C. A. Closer Look on the User Centred Design, 2015	Bettencourt, M., Cianconi, R., Produção e Compartilhamento do Conhecimento Nuclear: um estudo de caso em IEN/CIEN	Nemeth, Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered, 2004.
			Q35 - Os projetos de instrumentação sempre se adequam aos recursos disponíveis						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			
			Q36 - A redução de custo não afetou a qualidade dos projetos da instrumentação						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			
13 - Segurança	Considera a proteção dos seres humanos contra as consequências de seus próprios erros ou falha de máquina e material.	Normas; integridade	Q37 - Segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando projetamos sistemas centrados no usuário						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	MAGUIRE, M.; Methods to support human-centred design, 2001.	Horbey et al., Improving Mining Equipment Safety Through Human-Centered Design, 2016.	Watson et al., Human-Centered Design Using System Modeling Languages, 2017
			Q38 - Os requisitos relacionados à segurança do projeto dependem do entendimento profundo do contexto sobre o uso do sistema						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			
			Q39 - O setor de instrumentação sempre promove estudos com foco na segurança de um produto/sistema/serviço para minimizar lesões, danos e perdas						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			
14 - Prazos	Alocação do tempo de projeto e imprevistos	Cronograma; adequação ao tempo	Q40 - Testes realizados nos produtos/sistemas de instrumentação nuclear com a participação de usuários são cumpridos de acordo com o cronograma estabelecido.						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente	Nemeth, Human Factors Methods for Design - Making systems human-centered, 2004.	Peeters, et al., The development of a design behaviour questionnaire for multidisciplinary	Toh, C.; Miele, L.; Miller, S., Which One Should I Pick? Concept Selection in Engineering Design Industry, 2015
			Q41 - Os projetos sempre são solucionados dentro do tempo planejado						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			
			Q42 - A falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto						Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente			

Apêndice 3: Questionário aplicado

PESQUISA DE DISSERTAÇÃO

Nome: _____

Função/especialização: _____

Tempo que exerce a função: _____

Observações:

1. *O questionário integra a escala likert para medir o nível de concordância ou não de uma determinada afirmação;*
 2. *As afirmações abordam fatores de desenvolvimento que integra o design e fatores humanos nos projetos.*
-

1 - O produto/sistema da instrumentação nuclear atendem as necessidades do usuário com relação a facilidade de uso.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

5 - O desenvolvimento de um produto/sistema pode ser reavaliado diante de incertezas que podem ser geradas quanto a usabilidade

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

2 - Princípios de engenharia sempre são aplicados no projeto de produto/sistema da instrumentação nuclear.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

6 - As metodologias de projeto/sistemas da instrumentação nuclear atendem aos critérios de usabilidade.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

3 - A tecnologia necessária para criar um produto/sistema está disponível ou é alcançável no instituto para atender às demandas.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

7 - As interações com os usuários promove um melhor desenvolvimento do produto/serviço da instrumentação nuclear.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

4 - Minha relação com futuros usuários auxilia os testes de usabilidade.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

8 - Me sinto confiante diante das metodologias de projeto da Instrumentação nuclear que são utilizadas.

- Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

9 - É importante que o IEN estabeleça um fluxo de métodos para auxiliar as etapas dos projetos.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

10 - É importante que os usuários se sintam satisfeitos com o que projetamos.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

11 - A comunicação entre os projetistas faz com que os projetos gerem bons resultados.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

12 - A existência de critérios motivacionais propicia um melhor rendimento no ambiente de trabalho e consequentemente melhores resultados.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

13 - Os diferentes domínios educacionais de uma equipe heterogênea otimiza o diálogo e aprofunda o

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

14 - O desempenho de um projeto existente inibe as soluções de novos projetos.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

15 - Os projetos do instituto possuem mais características análogas do que inovadoras.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

16 - A robustez do projeto está além da qualidade do material e sua durabilidade. Ela está atrelada à segurança através do armazenamento de dados, promovendo uma sistema/produto robusto .

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

17 - Processos e ferramentas bem definidas permitem que os envolvidos no projeto expandam a compreensão de suas perspectivas e prioridades colaborando para uma comunicação da equipe mais robusta.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

18 - O instituto apoia a prática coletiva em torno dos interesses de projeto permitindo um desenvolvimento mais robusto.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

19 - As soluções preferenciais de usuários agregam

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

20 - As preferências dos projetistas são levadas em conta em qualquer situação.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

21 - Recursos limitados e prazos podem afetar a continuidade de determinada preferências de soluções

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

22 - Os envolvidos no projeto, como usuários finais ou colaboradores externos, com diferentes níveis de especialização e experiências possuem objetivos diferentes, mas ainda assim agregam mais valor no projeto.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

23 - Comparar ideias pode facilitar mais do que dificultar as tomadas de decisões no projeto porque podemos considerar os méritos e as desvantagens de cada ideia.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

24 - Os projetos do setor da instrumentação são similares e isso ajuda a padronizar as soluções de projetos.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

25 - Partes interessadas dos projetos que não são engenheiros geralmente tem ideias inovadoras

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

26 - Prefiro soluções convencionais do que ideias novas e criativas.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

27 - O instituto desenvolve mais soluções com pequenas variações sobre o que vem produzindo do que soluções desafiadoras.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

28 - A estética do projeto pode motivar/proporcionar melhor experiência para o usuário.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

29 - A estética não é um fator relevante visto que o estilo dos projetos de instrumentação são diferenciados

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

30 - A estética pode ser um fator limitante nos projetos diante dos recursos disponíveis no instituto.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

31 - Deixar o projeto mais simples pode reduzir a funcionalidade e consequentemente pode tornar a solução mais complexa para o usuário.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

32 - Os projetos não podem ser tão simples pois eles precisam de recursos suficientes para que sejam funcionais.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

33 - O paradoxo da simplicidade não é uma questão relevante nos projetos do instituto.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

34 - Projetos que seguem a metodologia de design centrado no usuário podem ter menos custos do que aqueles não aplicam essa abordagem.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

35 - Os projetistas sempre conseguem adequar os projetos de acordo com os recursos disponíveis.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

36 - A redução de custo não afetou a qualidade dos projetos da instrumentação.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

37 - Segurança é o fator de projeto mais importante do que os outros quando projetamos sistemas centrados no usuário.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

38 - Os requisitos relacionados à segurança do projeto depende do entendimento profundo do contexto sobre o uso do sistema.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

39 - O setor da instrumentação sempre promove estudos com foco na segurança de um produto/sistema para minimizar lesões, danos e perdas.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

40 - Testes realizados nos produtos/sistemas da Instrumentação nuclear com a participação de usuários são cumpridos de acordo com o cronograma estabelecido.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

41 - Os projetos sempre são solucionados dentro do tempo planejado.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

42 - A falta de recursos interfere no cumprimento dos prazos de projeto.

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente