

MARCIO DE CARVALHO SOARES

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE  
UNIDADE OFFSHORE DE PERFURAÇÃO

São Paulo

2013

MARCIO DE CARVALHO SOARES

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE UNIDADE  
*OFFSHORE DE PERFURAÇÃO*

Monografia apresentada como exigência para obtenção do Título de Especialista em Energia Renovável, Geração Distribuída e Eficiência Energética, no Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

São Paulo

2013

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Jose Aquiles Baesso Grimoní

Orientador

---

Prof. Dr. Claudio Roberto de Freitas Pacheco

1º Examinador

---

Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

2º Examinador

São Paulo, 21 de Junho de 2013.

MARCIO DE CARVALHO SOARES

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE UNIDADE  
*OFFSHORE DE PERFURAÇÃO*

Monografia apresentada como exigência para obtenção do Título de Especialista em Energia Renovável, Geração Distribuída e Eficiência Energética, no Programa de Pós-Graduação Lato sensu do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Área de concentração: Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Jose Aquiles B. Grimon

São Paulo

2013

## DEDICATÓRIA

“Dedico esta monografia aos meus  
amores: Família e Joelma.”

## AGRADECIMENTOS

Ao professor José Aquiles Baesso Grimon, pela orientação e confiança no trabalho.

Às empresas Seadrill, Transocean e Pacific Drilling pela disponibilização de dados e informações necessárias para elaboração da monografia, além de todos os profissionais envolvidos direta ou indiretamente com conhecimentos e valiosos comentários.

À empresa Ideal Work, por proporcionar o conhecimento técnico e um mundo de novos desafios.

Ao colega Gustavo de Almeida Santos pelo apoio durante toda jornada do curso.

À maravilhosa família que está sempre ao meu lado, meus pais por toda dedicação e compromisso com meus estudos, às minhas irmãs pela amizade e interminável cobrança e em especial a minha doce Joelma, sempre ao meu lado sendo minha grande incentivadora.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

(Charles Chaplin)

## RESUMO

A constante necessidade de preservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, alinhado ao alto custo de produção, traz à pauta um cenário pouco explorado no setor petrolífero - a Eficiência Energética em sistemas de iluminação de unidades *Offshore*. Com a recente descoberta da camada do pré-sal e grande demanda por unidades de exploração e produção de petróleo, evidencia-se uma necessidade ainda maior por sistemas mais eficientes energeticamente, desde que adotadas características específicas e equipamentos adequados às sondas de exploração e produção de petróleo, durante o processo de construção. Apresentadas essas características, entenderemos detalhes e dificuldades para implantação de um sistema mais eficiente, conhecendo o avanço das tecnologias em sistemas de iluminação que proporcionam cada vez mais produtos eficientes e de extrema qualidade. A eficiência energética em iluminação industrial deve se tornar cada vez mais assunto de pesquisa e desenvolvimento, sendo aprimorado por profissionais da área e fabricantes de equipamentos, pois proporcionam à sociedade e meio ambiente: crescimento sustentável, redução da emissão de gás carbônico, redução de gastos com energia, etc. É possível analisar a redução de insumos para o processo de funcionamento do sistema elétrico de uma unidade *Offshore*, provendo maior eficiência no sistema de iluminação, reduções de custos de processo e também a preservação ambiental. Com a frota atual já construída, em fase de construção ou construções futuras, serão apresentadas estimativas de custos para adequação do sistema, além do prazo e vantagens de retorno do investimento, analisando os resultados e benefícios alcançados. Essa análise pode ganhar maior atenção quando os números são projetados à crescente demanda existente no país, conforme mencionado anteriormente.

Palavra-chave: Eficiência Energética. Unidades *Offshore*. Sistemas de Iluminação.

## ABSTRACT

The constant need for environmental preservation and sustainable use of natural resources, in line with the high cost of production, brings to the table a scenario underexplored in the oil sector, Energy Efficiency in Lighting Systems Offshore Units. With the recent discovery of the pre-salt and high demand for units of exploration and production of oil, it is evident an even greater need for more efficient energy systems, since adopted specific features and equipment suitable probes exploration and production oil during the construction process. Presented these characteristics, understand details and difficulties to implement a more efficient system, knowing the advance technologies in lighting systems that provide increasingly efficient products and extremely high quality. Energy efficiency in lighting industry should become increasingly matters of research and development being enhanced by professionals and equipment manufacturers, as they provide to society and the environment: sustainable growth, reduced carbon emissions, reduced spending energy, etc. You can analyze the reduction of inputs to the process of running the electrical system of an offshore unit, providing more efficient lighting system, cost reduction process and also the environmental preservation. With the current fleet already built, under construction or future constructions will be presented cost estimates for system suitability, and benefits beyond the period of return on investment, analyzing the results and benefits achieved. This analysis can gain more attention when the numbers are projected growing demand in the country, as mentioned earlier.

Keyword: Energy Efficiency. Offshore Units. Lighting Systems.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – LÂMPADA INCANDESCENTE .....	20
FIGURA 2 – LÂMPADA HALÓGENA.....	21
FIGURA 3 – LÂMPADA FLUORESCENTE.....	21
FIGURA 4 – LÂMPADA DE DESCARGA.....	22
FIGURA 5 – LÂMPADA DE <i>LED</i> .....	23
FIGURA 6 – LUMINÁRIA A PROVA DE EXPLOSÃO TIPO EX-D .....	28
FIGURA 7 – TIPOS DE PLATAFORMAS DE PETRÓLEO .....	31
FIGURA 8 – PLATAFORMA FIXA.....	32
FIGURA 9 – PLATAFORMA AUTOELEVÁVEL .....	32
FIGURA 10 – PLATAFORMA DE PERNAS ATIRANTADAS .....	33
FIGURA 11 – PLATAFORMAS SEMISSUBMERSÍVEIS .....	34
FIGURA 12 – NAVIO SONDA.....	34
FIGURA 13 – SISTEMAS FLUTUANTES DE PRODUÇÃO.....	35
FIGURA 14 – GERADOR DIESEL .....	36
FIGURA 15 – GERADOR DE EMERGÊNCIA.....	37
FIGURA 16 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES - CCM.....	37
FIGURA 17 – CUBÍCULO BLINDADO .....	38
FIGURA 18 – QUADRO DE FORÇA.....	39

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSE DE TEMPERATURA.....	26
TABELA 2 – FATOR DE DEPRECIAÇÃO.....	41
TABELA 3 – RESUMO DA INSTALAÇÃO ATUAL.....	41
TABELA 4 – ÍNDICE DE REFLEXÃO .....	45
TABELA 5 – FLUXO LUMINOSO DE LÂMPADAS .....	47
TABELA 6 – FATOR DE FLUXO LUMINOSO DO REATOR .....	47
TABELA 7 – RESUMO DA NOVA INSTALAÇÃO .....	48
TABELA 8 – INVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO .....	50
TABELA 9 – PERCENTUAL POR TIPO DE CUSTOS.....	51
TABELA 10 – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO AJUSTADO .....	58
TABELA 11 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE A 8% .....	60
TABELA 12 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE A 12% .....	61
TABELA APÊNDICE B – DETALHAMENTO DAS ÁREAS .....	78
TABELA APÊNDICE C – ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS AMBIENTES .	82
TABELA APÊNDICE D – ESCOLHA DO NÍVEL DE ILUMINAMENTO (E) .....	86
TABELA APÊNDICE E – ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS .....	88
TABELA APÊNDICE F – DETERMINAÇÃO DO FLUXO DO LOCAL (K) .....	94
TABELA APÊNDICE G – DETERMINAÇÃO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO (FU) .....	96
TABELA APÊNDICE H – QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS .....	100

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	ESTRUTURA DA MANOGRÁFIA .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	EFICIÊNCIA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	16
2.1.1	ILUMINAÇÃO NATURAL.....	17
2.1.2	ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	17
2.1.3	DEFINIÇÕES BÁSICAS .....	18
2.1.4	TIPOS DE LÂMPADAS .....	19
2.2	COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO.....	23
2.3	SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ILUMINAÇÃO EM SONDAS OFFSHORE.....	24
2.3.1	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	24
2.3.2	ÁREA CLASSIFICADA.....	25
2.3.3	LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS PARA ÁREAS CLASSIFICADAS.....	26
2.4	PLATAFORMAS DE PETRÓLEO .....	30
2.4.1	CARACTERÍSTICAS E TIPOS DE SONDAS OFFSHORE .....	30
2.4.2	SISTEMA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM SONDAS OFFSHORE.....	36

<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
3.1	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO E ESTUDO DE CASO.....	40
3.1.1	ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES .....	40
3.1.2	PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA.....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>50</b>
4.1	INVESTIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO E REDUÇÃO DE CUSTOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	50
4.2	VIABILIDADE DE INVESTIMENTO E RESULTADOS ALCANÇADOS.....	52
4.3	IMPACTOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE G .....</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE H .....</b>	<b>100</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A recente descoberta da camada do pré-sal traz ao país um novo cenário econômico, com oportunidades de crescimento e desenvolvimento.

Em contra-partida, a grande demanda por sondas de exploração e produção de petróleo para atender o crescente mercado, alinhados ao déficit de tecnologias de sistemas *Offshore* no país, evidencia uma necessidade ainda maior por sistemas mais eficientes energeticamente.

Respeitadas e adotadas características específicas de equipamentos nestas unidades de exploração e produção, é possível identificar oportunidades de melhoria e desenvolvimento quanto à eficiência energética em sistemas de iluminação, assunto foco deste trabalho.

Conhecer o avanço tecnológico e adotar sistemas de iluminação que proporcionem produtos eficientes e com a mesma segurança empregada atualmente é um desafio a ser explorado através de pesquisas e desenvolvimento, aprimorado por profissionais da área e fabricantes de equipamentos.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo desta monografia é apresentar um cenário pouco explorado no setor petrolífero - a eficiência energética em sistemas de iluminação de unidades *Offshore* de perfuração. Apresentando oportunidades de melhoria ao processo de produção, desde redução de custos operacionais até a preservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, mantendo-se a qualidade e segurança dos sistemas atuais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A constante necessidade de preservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, alinhado ao alto custo de produção, trazem à pauta o desenvolvimento e aplicação de sistemas mais eficientes energeticamente.

É possível implementar tecnologia e reduzir insumos para o processo de funcionamento do sistema elétrico de uma unidade *Offshore*, provendo maior eficiência no sistema de iluminação, reduções de custos de processo e também a preservação ambiental.

Com a frota atual já construída, em fase de construção ou construções futuras, serão apresentadas estimativas de custos para implementação de um sistema mais eficiente, além do prazo e vantagens de retorno do investimento, analisando os resultados e benefícios alcançados.

Essa análise pode ganhar maior atenção quando os números são projetados à crescente demanda existente no país.

## 1.3 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

A monografia está dividida em cinco capítulos, incluindo a introdução.

O capítulo 2 está dividido em quatro partes, introduzindo conceitos sobre eficiência em sistemas de iluminação, comparação entre tecnologias de iluminação, seleção de equipamentos de iluminação em sondas offshore e finaliza com uma breve introdução a plataformas de petróleo. A primeira parte aborda as técnicas de iluminação, definições e conceitos básicos sobre luminotécnica e tipos e tecnologias de equipamentos de iluminação. A segunda parte faz um breve comparativo entre as tecnologias de iluminação disponíveis no mercado. A terceira parte introduz o tema, seleção de equipamentos de iluminação em sondas offshore, onde são apresentados

conceitos sobre sistema de iluminação à prova de explosão, áreas classificadas com risco de explosão e equipamentos para áreas classificadas. A última parte tem como objetivo apresentar os diferentes tipos de plataforma de petróleo, funcionamento e sistemas.

O capítulo 3 apresenta o desenvolvimento principal do trabalho, na qual serão apresentadas as características construtivas de uma sonda de perfuração padrão e sistema atualmente instalado. Ao longo do capítulo serão apresentadas as propostas de adequação e um novo sistema de iluminação.

O capítulo 4 divide-se em três partes, na primeira parte serão apresentados os investimentos necessários para implantação de um sistema mais eficiente e os custos com geração de energia elétrica. A segunda parte será desenvolvida a análise de viabilidade do projeto e tempo de retorno do investimento. Por fim, a terceira parte apresentará os impactos e benefícios ambientais com a redução dos insumos na geração de energia elétrica.

O capítulo 5 apresenta as conclusões da monografia.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 EFICIÊNCIA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

A luz deve ser compreendida muito além das necessidades básicas e indispensáveis de nossas vidas. Deve ser entendida como um elemento de alto custo financeiro e principalmente passivo da escassez. Em sistemas de iluminação a qualidade da luz interfere desde o bom desempenho de processos industriais até o estado emocional e bem estar de seres humanos. Para o sucesso de uma instalação é indispensável conhecer o elemento luz nos âmbitos de qualidade, eficiência e quantidade. (RODRIGUES, 2002).

Estudos comprovam que a má utilização dos recursos naturais (falta de aproveitamento da iluminação natural) e consumo excessivo de energia (Iluminação em excesso, baixa eficiência de equipamentos, ausência de manutenção) ainda são comuns no Brasil, mas a preocupação com tecnologias mais eficientes vêm tornando-se crescente em plantas industriais, sendo objeto de estudo e aprimoramento entre profissionais e fabricantes de equipamentos. Apesar de pouco difundido no segmento *offshore*, a preservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais obrigarão unidades *offshore* a empregar tecnologias cada vez mais eficientes.

Sistemas de Iluminação são responsáveis por aproximadamente 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e 1% no setor industrial. (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2007).

Segundo a Norma ABNT IEC 61892-2, [...] o projeto de sistemas de iluminação deve basear-se em requisitos de segurança, bem como na satisfação visual e de visibilidade das pessoas que trabalham no ambiente], ou seja, além do

aspecto econômico e eficiente são primordiais em projetos de iluminação condições seguras e ergonomicas ao usuário da instalação.

### **2.1.1 ILUMINAÇÃO NATURAL**

A luz natural é uma fonte de energia renovável proveniente da luz solar. É o ponto de partida para qualquer projeto de iluminação eficiente. Além de qualidade ambiental oferece grandes vantagens em sua utilização.

Um projeto de iluminação desenvolvido corretamente, oferece iluminação durante 80 a 90% das horas de luz diária, permitindo grande economia de custos com energia elétrica e maior eficiência no projeto de iluminação. (MAJOROS, 1998).

Outro aspecto importante na utilização da iluminação natural é a qualidade entregue por esse sistema, pois quando comparada à iluminação artificial oferece níveis mais elevados de iluminação.

### **2.1.2 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

Sistemas de iluminação artificial dependem de equipamentos para seu funcionamento, e um projeto eficiente dependerá basicamente do conjunto de equipamentos e técnicas empregadas para sua utilização. Características técnicas, rendimento e principalmente estudos aprofundados poderão resultar eficiência em sistemas de iluminação artificial. (SILVA, 2011).

Empregar equipamentos de iluminação corretamente e aproveitar ao máximo a luz natural pode ser a chave do sucesso em qualquer projeto de iluminação.

### 2.1.3 DEFINIÇÕES BÁSICAS

Alguns termos relacionados à eficiência em sistemas de iluminação e equipamentos necessitam de compreensão, antes de aprofundarmos o assunto:

**Controladores de Luz:** Uma das técnicas mais comuns em projetos de iluminação é a utilização de controladores de luz. Eles permitem modificar e distribuir espacialmente o fluxo de iluminação das lâmpadas, possibilitando grande conforto visual. Existentes nos modelos: difusor, lente, refletor, refrator e colmeia, dependendo do tipo de equipamento.

**Depreciação de fluxo luminoso:** Em locais com grande presença de poeiras, fuligem ou sujeiras provenientes de processos, deve-se assegurar grande atenção com os sistemas de iluminação. A depreciação do fluxo luminoso de uma luminária, somado ao decréscimo natural de fluxo luminoso de uma lâmpada, resulta em grande perda no nível de iluminação do ambiente.

**Difusor:** Componente instalado em frente a lâmpada com finalidade de proteger (em caso de queda da lâmpada) e principalmente controlar a iluminância emitida pela lâmpada. É também um dos principais causadores da depreciação de fluxo luminoso na luminária, devido à grande exposição como parte do equipamento. É recomendada manutenção preventiva nesse dispositivo, assegurando sempre a melhora do nível de iluminância do ambiente.

**Eficiência Luminosa (EL):** Define-se como a eficiência de uma fonte de luz, obtida através da emissão do fluxo luminoso em lúmens e a potência total, em *watts*, por ela consumida.

**Fator de Manutenção:** Após determinado período de uso, principalmente em locais sujos e sem limpeza e manutenção adequada, os equipamentos de iluminação perdem o nível original de iluminação. O Fator de Manutenção é a razão da iluminância média (no plano de trabalho), pela iluminância média do equipamento quando instalado novo.

**Fator de Utilização (FU):** Índice de fluxo utilizado pelo fluxo luminoso emitido pela lâmpada. Em ambientes com cores mais claras, a absorção de luz será menor e consequentemente maior o índice de iluminação (sobre o plano de trabalho).

**Fotometria:** Métodos específicos para medição de grandezas luminosas. Permite a determinação da iluminância, fluxo luminoso, intensidade luminosa e curvas de desempenho dos equipamentos de iluminação.

**Iluminância:** Fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada. Utiliza-se como unidade padrão de medida o lux.

**Índice de Reprodução de Cor:** Conforme o sistema internacional de medidas, IRC é o número que classifica a reprodução de cor de uma fonte, variando de 0 a 100.

**Mortalidade de Lâmpada:** Quantidade de horas de funcionamento de um conjunto de lâmpadas, antes que um índice delas deixe de funcionar.

**Ofuscamento:** Sensação de desconforto provocada pelo efeito da luz no campo de visão do olho humano.

**Reator:** Equipamento responsável pela partida da lâmpada, aplicando tensão adequada para funcionamento e limitando a corrente de partida.

**Vida mediana nominal (horas):** Valor obtido em laboratório, após amostragem de lâmpadas, onde 50% delas se mantêm acesas durante testes específicos.

#### 2.1.4 TIPOS DE LÂMPADAS

Lâmpadas elétricas são divididas basicamente em dois grupos: incandescentes e de descargas. Cada um desses grupos apresenta características e modelos específicos para cada tipo de aplicação. Um bom projeto luminotécnico é aquele que emprega maior eficiência e menor custo de produto. É fundamental que antes da escolha da lâmpada, informações apresentadas em catálogos de fabricante

sejam consultadas, principalmente pelo desenvolvimento contínuo eleva o valor da eficiência dos equipamentos com frequência. (NAVTECH, 2010).

**Lâmpadas Incandescentes:** Destacam-se pelo baixo custo e popularidade. É o modelo mais antigo e comercializado do mercado. Populares nas residências e comércios destacam-se pela baixa eficiência, já que apenas 5% da energia consumida é transformada em luz, os outros 95% geram apenas calor. Com a popularização e incentivo para utilização das lâmpadas fluorescentes, as incandescentes estão perdendo espaço e sendo substituídas por esse modelo. (GOEKING, 2009).



**FIGURA 1 – LÂMPADA INCANDESCENTE**

Fonte: <http://www.telhanorte.com.br/>

**Lâmpadas Halógenas:** Especificadas também como lâmpadas incandescentes, com a diferença apenas na composição química presente. A lâmpada halógena possui halogênio na forma iodo ou bromo, daí a referência ao nome. Assim como as incandescentes, as halógenas apresentam baixa eficiência (pouco superior às incandescentes comuns) e aquecimento alto (devido às perdas por aquecimento da lâmpada). (GOEKING, 2009).



**FIGURA 2 – LÂMPADA HALÓGENA**

Fonte: <http://www.shopelgin.com.br/>

**Lâmpadas Fluorescentes:** É a tecnologia mais utilizada no comércio e industria atualmente, pois apresenta boa eficiência e consumo baixo de energia. São encontradas em 3 modelos: fluorescente tubular, a mais comum e dependente de reator para funcionamento; fluorescente compacta eletrônica, popular em residências, veio para substituir as lâmpadas incandescentes, já que para seu funcionamento não é necessário auxilio de reatores ou outros componentes; e fluorescente compacta não integrada, esta diferente da compacta eletrônica necessita do reator. (LUCIANO, 2010).



**FIGURA 3 – LÂMPADA FLUORESCENTE**

Fonte: <http://www.fg.com.br/>

**Lâmpadas de Descarga (HID):** As lâmpadas HID (conhecidas como lâmpadas de descarga), são compostas por gases químicos, entre eles o sódio, mercúrio ou xênon. Seu funcionamento segue o princípio da descarga de alta pressão entre os eletrodos da lâmpada, levando os gases químicos à produção da

luz. Necessitam de componentes auxiliares para seu funcionamento, o principal deles, o reator, responsável pela partida e operação da lâmpada. O consumo das lâmpadas é baixo comparado à intensidade luminosa fornecida, porém seu custo é relativamente alto. (PHILIPS, 2009).



**FIGURA 4 – LÂMPADA DE DESCARGA**

Fonte: <http://www.amoedo.com.br/>

**LED's - Lighting Emitted Diodes:** Hoje, uma das tecnologias mais modernas disponíveis no mercado, a lâmpada de LED veio para revolucionar o sistema de iluminação. Através de pequenos semicondutores transforma energia elétrica diretamente em energia luminosa. Possui características extremamente eficientes, como baixíssimo consumo de energia e vida útil longa. O grande obstáculo do LED ainda é o custo elevado do produto, dificultando a total popularização. Lâmpadas para aplicação residencial estão tornando-se mais viáveis e tendem muito em breve substituir as lâmpadas fluorescentes. (PHILIPS, 2009).



**FIGURA 5 – LÂMPADA DE LED**

Fonte: <http://www.huntertrade.com.br/>

## 2.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO

Começando pela lâmpada incandescente, são inúmeras suas desvantagens. O tempo de vida médio para uma lâmpada de 100W são aproximadamente 750 horas, o que a torna inviável em aplicações industriais. Apesar do baixo custo financeiro, a ineficiência dessa tecnologia é o aspecto mais importante, e que a descarta na aplicação de projetos de eficiência energética.

Assim como a lâmpada incandescente, a lâmpada halógena funciona com filamentos de tungstênio e apresenta grande aquecimento. Esse aquecimento resulta em desperdício de energia, tornando-a questionável em projetos mais eficientes de iluminação. Devido aos componentes de construção da lâmpada halógena, ela possui vida útil superior às incandescentes comuns.

Lâmpadas fluorescentes são dominantes no setor comercial e industrial, pois possuem boa eficiência e custo relativamente baixo. É sem dúvida, o primeiro modelo a ser pensado em um projeto de eficientização, porém tecnologias mais novas prometem desbancar as lâmpadas fluorescentes, oferecendo superioridade na iluminação, qualidade e eficiência.

O sistema LED (*Light Emitting Diode*) ou diodo emissor de luz é hoje um dos sistemas mais avançados para iluminação. A tecnologia empregada como um semicondutor emissor de luz produz luz por fotoluminescência. Lâmpadas de LED não emitem calor, raios ultravioletas ou infravermelhos, apresentam consumos extremamente baixos e vida útil que chega a 50.000 horas. Suas características substituem os efeitos e intensidade das lâmpadas fluorescentes, compactas, halógenas, dentre outras. (VEJA, 2009).

Uma das barreiras para popularização dessa tecnologia é o custo ainda elevado, quando comparado aos sistemas convencionais, porém sua tecnologia e rendimento crescem rapidamente.

## **2.3 SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ILUMINAÇÃO EM SONDAS OFFSHORE**

### **2.3.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO**

A instalação de sistemas de iluminação em sondas *offshore* deve ser precedida pelo Estudo de Classificação de Área, Projeto elétrico e Projeto de iluminação. Nos locais definidos como área classificada (com risco de explosão), o estudo tem como objetivo especificar os riscos pertinentes aos produtos manipulados ou armazenados no local e definir informações como classe de temperatura, grupo de gases ou poeiras e zoneamento, para correta especificação dos materiais e equipamentos elétricos a serem instalados no local. O Projeto definirá a intensidade de iluminação necessária, quantidade de luminárias e consequentemente o melhor equipamento e tipo de iluminação, seja lâmpada fluorescente, LED, Mercúrio, etc. (JORDÃO, D. M., 2006).

É importante ressaltar que nem todos os locais de uma sonda *offshore* são áreas classificadas e por isso devem ser utilizados esse tipo de equipamento, porém

durante a fase de construção, ainda no estaleiro, são instaladas luminárias à prova de explosão em quase todos os ambientes, exceto áreas de acomodação, escritórios ou áreas comuns.

### 2.3.2 ÁREA CLASSIFICADA

As áreas classificadas são locais onde existem a possibilidade de ocorrência de misturas de gases, vapores, névoas, poeiras ou fibras com o oxigênio, criando uma atmosfera explosiva. Com a formação de atmosfera explosiva, há o risco de explosão caso estejam presentes fontes de ignição de origem elétrica, incluindo cargas estáticas e faíscas de origem mecânica (ABNT NBR IEC 60079-10:2013).

A formação de atmosfera explosiva por gases presentes nos trabalhos de perfuração e produção de petróleo acontece pela mistura de gases e ar em quantidades adequadas (ABPEX, 2011).

Segundo a norma ABNT NBR IEC 60079-10:2013, que trata especificamente de Classificação de Áreas, esses locais devem ser divididos por grupos de produtos combustíveis, classe de temperatura e zonas de extensão onde devem ser instalados equipamentos elétricos especiais para eliminação das fontes de ignição.

Os grupos de produtos combustíveis são determinados de acordo com as características dos elementos que junto ao oxigênio formará uma atmosfera explosiva, sendo dividido em:

- Grupo IIA com produtos de origem do petróleo;
- Grupo IIB com produtos de origem de Eteno, Formaldeído, Monóxido de Carbono, Sulfeto de Hidrogênio;
- Grupo IIC Acetileno, Hidrogênio e Dissulfeto de Carbono (ABNT NBR IEC 60079-10:2013).

As classes de temperatura determinadas a partir da temperatura de autoignição do elemento combustível estão divididas em seis, sendo elas:

**TABELA 1 – CLASSE DE TEMPERATURA**

<b>CLASSE DE TEMPERATURA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
Temperatura Máxima de Superfície (°C)	450	300	200	135	100	85

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-10:2013.

As zonas de extensão das áreas classificadas são determinadas por cálculos que envolvem condições de ventilação e características do elemento combustível e são divididas em três categorias distintas:

- Zona 0: é a área na qual uma atmosfera explosiva na forma de gás, vapor ou névoa está continuamente presente por longos períodos ou frequentemente;
- Zona 1: é a área na qual uma atmosfera explosiva na forma de gás, vapor ou névoa pode ocorrer ocasionalmente em condições normais de operação;
- Zona 2: é a área na qual uma atmosfera explosiva na forma de gás, vapor ou névoa não é provável de ocorrer em condições normais de operação, mas se ocorrer irá persistir somente por um curto período (ABNT NBR IEC 60079-10:2013).

### **2.3.3 LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS PARA ÁREAS CLASSIFICADAS**

As instalações elétricas das áreas classificadas por atmosfera explosiva devem ser concebidas com equipamentos elétricos apropriados que não causam ignição, conforme apontamento de classe de temperatura e grupo mostrado no Estudo de Classificação das Áreas.

Os equipamentos à prova de explosão que devem ser instalados em atmosfera explosiva podem ter diferentes formas e princípios de proteção,

dependendo do tipo de instalação a ser feita ou do tipo de aparelho a ser instalado (ABPEX, 2011).

Luminária à prova de explosão é um equipamento com invólucro altamente resistente, construído com o objetivo de suportar mecanicamente a pressão durante uma explosão. Esses equipamentos são vedados e não propagam a pressão da explosão para o ambiente externo. A construção desses equipamentos deve seguir regras da ABNT, NEC e IEC. Existem diferentes níveis de proteção (ELP) em equipamentos elétricos para Área Classificada que devem ser analisados antes da definição, podendo ser do tipo Segurança aumentada (Ex-e), Proteção por invólucro (Ex-tD) ou Não acendíveis (Ex-n). (NUTSTEEL, 2008).

O avanço tecnológico em sistemas de iluminação trouxe ao mercado opções e classes de equipamentos. É importante lembrar que há alguns anos eram utilizadas apenas luminárias do tipo Ex-d (à prova de explosão), que são extremamente robustas, e de difícil manipulação. Hoje, o tipo Ex-e com material não metálico e melhor design tornou-se uma excelente opção para determinadas zonas de instalação, porém não oferecem uma gama elevada de opções. Outra opção que vem ganhando força no mercado, apesar do custo ainda elevado são as luminárias com lâmpada de LED, mas assim como os equipamentos do tipo Ex-e também não oferecem muitas opções de modelos. Esses estão em sua maioria ainda em fase de desenvolvimento e aprovação pelos fabricantes.

Os componentes e acessórios necessários para instalação da luminária à prova de explosão também deverão respeitar as características impostas no Estudo de Classificação de Área. Itens como seladoras e prensa cabos, necessários para instalação da luminária, deverão respeitar a mesma característica da luminária. (SUZUKI, 2002).



**FIGURA 6 – LUMINÁRIA A PROVA DE EXPLOSÃO TIPO EX-D**

Fonte: <http://www.lojajl.com/>

A seguir, serão descritas as características dos principais tipos de equipamentos utilizados em atmosfera explosiva:

**Equipamento à prova de explosão – Ex d:** A norma ABNT NBR IEC 60079-1:2009 especifica que o invólucro à prova de explosão em um sistema resistente é vedado para não propagar explosão, e cuja temperatura superficial não provoca a ignição de uma atmosfera explosiva. Esse tipo de equipamento possui uma construção robusta com tampas ou parafusos rosqueados. O princípio do equipamento é que, em caso de uma mistura e uma explosão interna, ele deve resistir mecanicamente, impedindo que a explosão se propague para o ambiente externo, graças ao resfriamento dos gases da combustão na sua passagem através do interstício existente entre o corpo e a tampa. (ABNT NBR IEC 60079-1:2009).

Esse tipo de equipamento pode ser aplicado às zonas 01 e 02.

**Equipamento pressurizado – Ex p:** Nesse tipo de proteção, uma pressão positiva superior à pressão atmosférica é mantida no interior do invólucro de modo a evitar a penetração de uma atmosfera explosiva que venha a existir ao redor do equipamento. São definidos pela norma três tipos de pressurização que reduzem a classificação no interior do invólucro pressurizado, px Zona 1 para área não

classificada ou Grupo 1, py – Zona 1 para Zona 2 e pz – Zona 2 para área não classificada. (ABNT NBR IEC 60079-2:2009).

**Equipamento imerso em areia – Ex q:** O equipamento elétrico é imerso em areia de tal modo que não inflame uma atmosfera com mistura explosiva acima do meio isolante ou na parte externa do invólucro. Esse tipo de proteção é aplicável somente para equipamentos fixos. (ABNT NBR IEC 60079-5:2011).

**Equipamento imerso em óleo – Ex o:** O equipamento elétrico é imerso em óleo de tal modo que não inflame uma atmosfera com mistura explosiva acima do meio isolante ou na parte externa do invólucro. Esse tipo de proteção é aplicável somente para equipamentos fixos. (ABNT NBR IEC 60079-6:2009).

**Equipamento de segurança aumentada – Ex e:** O equipamento elétrico de segurança aumentada é aquele que, em condição normal de operação, não produz arcos, faíscas ou aquecimento suficiente para causar ignição da atmosfera explosiva para a qual foi projetado. Normalmente os equipamentos típicos com segurança aumentada são os motores de gaiola, transformadores de potência e de medição, luminárias e caixas de distribuição e de ligação. (ABNT NBR IEC 60079-7:2010).

**Equipamento de segurança intrínseca – Ex i:** Os equipamentos Ex i são aqueles que em condições normais (isto é, abertura e fechamento do circuito) ou anormais (curto circuito, falta a terra) não liberam energia suficiente para inflamar a atmosfera explosiva. (ABNT NBR IEC 60079-11:2009).

**Equipamento não acendível – Ex n:** O equipamento que em condição especiais, onde existe gases na atmosfera ou no local ou recinto, não causa a ignição da atmosfera de gás existente no ambiente. (ABNT NBR IEC 60079-15:2012).

**Equipamento imerso em resina – Ex m:** O equipamento elétrico é imerso em resina de tal modo que não inflame uma atmosfera com mistura explosiva acima do meio isolante ou na parte externa do invólucro. Esse tipo de proteção é aplicável somente para equipamentos fixos. (ABNT NBR IEC 60079-18:2010).

**Equipamento especial – Ex s:** Nesse tipo de equipamento está aberto aos fabricantes o desenvolvimento de novos tipos de proteção, portanto não existe uma definição pré-determinada.

## 2.4 PLATAFORMAS DE PETRÓLEO

Plataformas *offshore* são grandes estruturas responsáveis pela perfuração de poços e extração de petróleo e gás. Em geral são divididas por categorias de aplicação e ambiente que irão perfurar ou extrair, seja em águas rasas, profundas ou ultraprofunda.

Essas estruturas são capazes de abrigar equipamentos, casa de máquinas, piso de perfuração e alojamentos. Além de contar com toda infraestrutura necessária para os trabalhadores como: dormitórios, refeitório, sala de recreação, academia, vestiário e enfermaria.

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS E TIPOS DE SONDAS OFFSHORE

Atualmente existem diversos modelos de sondas marítimas em operação no Brasil e no mundo, basicamente, o que as diferenciam são as características de exploração, ou seja, capacidade e restrições de acordo com a lâmina d'água em que irão perfurar, podendo atuar na exploração tanto em águas rasas, profundas ou ultraprofundas. No Brasil os modelos mais comuns são os Navios-Sondas e Sondas

Semisubmersíveis, utilizados, principalmente, na região do pré-sal devido à profundidade de operação.

Segundo a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) as plataformas de petróleo têm seus tipos definidos de acordo com suas características físicas, profundidade de lâmina d'água e finalidade.

A seguir, são apresentados os modelos e principais características construtivas de sondas *offshore*:



**FIGURA 7 – TIPOS DE PLATAFORMAS DE PETRÓLEO**

Fonte: NOAA, 2012.

**Plataformas Fixas** – Específica para perfuração em lâminas d'água de até 200 metros, são normalmente fixas e construídas em estruturas modulares, em aço. Instaladas no local de operação sobre estruturas chamadas jaquetas, estas são fixas ao fundo do mar. Projetadas para receber todos os equipamentos de perfuração, estocagem de materiais, alojamento de pessoal, ou seja, todas as instalações necessárias para a produção dos poços. Devido às características construtivas e tamanho, não têm capacidade de estocagem de petróleo ou gás, que são enviados a terra através de oleodutos ou gasodutos. (NOAA, 2012).



**FIGURA 8 – PLATAFORMA FIXA**

Fonte: S. Tanaka, Y.; Okada, Y. Ichikawa, 2011.

**Plataformas Autoeleváveis** - Constituídas sobre uma balsa, essas plataformas são projetadas com pernas autoeleváveis, que quando acionadas hidráulica ou mecanicamente movimentam-se até atingir o fundo do mar. Após o acionamento as balsas são também elevadas a atingirem um nível acima da água e fora do alcance de ondas. Possuem sistema de propulsão para navegação ou podem ser transportadas por rebocadores. Comuns na região do nordeste brasileiro são destinadas a perfuração em lâminas d'água que variam de 5 a 130 metros. (NOAA, 2012):

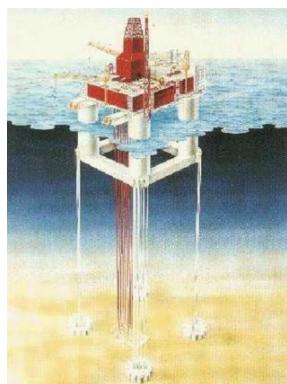


**FIGURA 9 – PLATAFORMA AUTOELEVÁVEL**

Fonte: S. Tanaka, Y.; Okada, Y. Ichikawa, 2011.

**Plataforma de Pernas Atirantadas (*Tension-Leg Platform - TLP*)** – Unidade flutuante similar às sondas semissubmersíveis. Seu sistema de ancoragem é realizado por estruturas tubulares fixos ao fundo do mar, através de tendões fixos,

que se mantém esticados devido ao excesso de flutuação da sonda. Os movimentos provocados por correntezas são pequenos, o que permite uma operação igual ao de plataformas fixas. (NOAA, 2012).



**FIGURA 10 – PLATAFORMA DE PERNAS ATIRANTADAS**

Fonte: S. Tanaka, Y.; Okada, Y. Ichikawa, 2011.

**Sondas Semissubmersíveis (Semi-Sub Platform)** – Unidades de perfuração projetadas sobre flutuadores submersos. Junto com os navios-sondas são hoje as mais comuns em águas brasileiras, principalmente pela capacidade de perfuração em águas ultraprofundas.

Possuem dois tipos de sistema para posicionamento - o sistema de ancoragem e o sistema de posicionamento dinâmico, no caso das mais modernas. O sistema de ancoragem atua com até 12 âncoras para posicionamento da unidade, quando atingida pelas ações de vento, ondas e correntes marítimas. O Sistema de posicionamento dinâmico direciona a sonda através de motores e sistemas de controle, evitando também o deslocamento através de ações como vento ou marítimas. (NOAA, 2012).



**FIGURA 11 – PLATAFORMAS SEMISSIONSÍVEIS**

Fonte: <http://www.woodgroupnews.com/WoodNewsQ12010>.

**Navio-Sonda** – Navio projetado para perfuração de poços é hoje o mais utilizado em águas brasileiras, assim como as sondas semisubmersíveis. Possui sistema de torre de perfuração instalada no centro do navio, onde desce a coluna de perfuração. Os navios mais modernos possuem sistema de posicionamento dinâmico, além de equipamentos como sensores e propulsores de navegação, esses equipamentos que têm o objetivo de anular ações de vento, ondas e correntes marítimas, possibilitando à embarcação o posicionamento necessário para perfuração. (NOAA, 2012).



**FIGURA 12 – NAVIO SONDA**

Fonte: [http://www.seadrill.com/stream\\_file.asp?iEntityId=925](http://www.seadrill.com/stream_file.asp?iEntityId=925)

**Sistemas Flutuantes de Produção (FPS - Floating Production Systems) –**  
Em geral são navios de grande porte responsáveis pela produção do petróleo e gás natural, ou seja, após a etapa de exploração, realizada por sondas de perfuração, as

FPS conectam-se ao poço para o processo de extração. Esses navios são projetados para extração, processamento e armazenamento de petróleo e gás natural.

A unidade de processo é responsável pela separação dos fluidos produzidos pelos poços e posterior armazenamento nos tanques do navio ou transferência para oleoduto. O gás produzido pode ser transferido através de gasodutos, reinjetado no reservatório ou queimado durante o processo. (NOAA, 2012).

Os principais tipos de FPS são:

- FPO - As FPOs (*Floating Production and Offloading*) são Unidades Flutuantes de Produção e Descarga.
- FPSO - As FPSOs (*Floating Production, Storage and Offloading*) são Unidades Flutuantes de Produção, Armazenamento e Descarga.
- FSU - As FSUs (*Floating Storage Unity*) são Unidades Flutuantes de Armazenamento.



**FIGURA 13 – SISTEMAS FLUTUANTES DE PRODUÇÃO**

Fonte: [http://www.modec.com/fps/fpso\\_fso/projects/stybarrow.html](http://www.modec.com/fps/fpso_fso/projects/stybarrow.html)

## 2.4.2 SISTEMA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM SONDAS OFFSHORE

O sistema de geração e transmissão de energia tem a função de alimentar os equipamentos da sonda.

Em sondas de perfuração a energia é gerada por geradores a óleo diesel. A combustão dos geradores a partir do óleo diesel e ação eletromagnética no interior do gerador produz a energia elétrica que é entregue para o sistema de consumo da unidade.

Em sondas de produção é comum a utilização de geradores a gás. Durante a etapa de extração do petróleo é possível processar o gás natural extraído e este aproveitado para alimentação de geradores à gás. A geração a gás viabiliza economicamente o processo quando comparado ao diesel.



**FIGURA 14 – GERADOR DIESEL**

Fonte: Pacific Drilling – Unidade: Pacific Mistral

**Gerador de Emergência:** Na eventual falha do sistema de geração principal o Gerador de emergência é acionado automaticamente, já que tem autonomia para sustentar as cargas de emergência pré-estabelecidas pela unidade. O sistema de controle do gerador de emergência - permite o paralelismo de um gerador principal com o sistema de emergência, permitindo assim a transferência das cargas que operavam em regime emergencial para normal, de forma suave e gradativa.



**FIGURA 15 – GERADOR DE EMERGÊNCIA**

Fonte: Pacific Drilling – Unidade: Pacific Mistral

**Centro de Controle de Motores – CCM:** Centro de Controle de Motores ou CCM's são conjuntos de painéis desenvolvidos para acomodar equipamentos de seccionamento, proteção e manobra de cargas e circuitos. Esses equipamentos têm funções específicas no sistema, responsáveis pela conexão dos cabos entre a proteção e a carga.

São responsáveis não apenas pelo sistema de proteção e controle de motores (apesar de o nome e os motores representarem aproximadamente 85% das cargas industriais), são conjuntos responsáveis pelo controle de cargas resistivas, iluminação, etc.



**FIGURA 16 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES - CCM**

Fonte: Pacific Drilling – Unidade: Pacific Mistral

**Cubículos e Painéis de proteção:** O painel de distribuição é normalmente o ponto de referência para distribuição de energia em uma instalação elétrica, é nele

onde a energia se divide em diferentes circuitos (normalmente principais-secundários) ou alimentação de cargas, e são protegidos e controlados por disjuntores, relés ou dispositivos de manobra. A fonte de alimentação é conectada a conjuntos de barramento através de um seccionador principal.

O conjunto de componentes desses painéis é normalmente dividido por disjuntores secundários, responsáveis pela proteção de circuitos de iluminação, força, etc, todos alimentados pela barramento de saída do disjuntor principal. Além da proteção de circuitos como iluminação e força é possível também a alimentação de outros painéis, quando da instalação muito grande, nesse caso definidos como painéis de sub distribuição.



**FIGURA 17 – CUBÍCULO BLINDADO**

Fonte: Pacific Drilling – Unidade: Pacific Mistral

**Quadros de força, iluminação e controle:** São painéis para acionamento de cargas específicas, e derivam dos painéis de distribuição principal. Neles incluem dispositivos de proteção (disjuntores e relés), manobra (seccionadora e contatores), controle (botões de comando, lâmpadas indicadoras), juntamente com acessórios de fixação e montagem. Os painéis de controle utilizam sistemas de controle digital, como - CLP, relés digitais, inversores de frequência, etc.



**FIGURA 18 – QUADRO DE FORÇA**

Fonte: Pacific Drilling – Unidade: Pacific Mistral

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO E ESTUDO DE CASO

Em projetos de eficientização energética, o projetista deve sempre buscar por condições de visibilidade ideal, economia nas contas de energia elétrica ou custos com geração, baixa manutenção dos sistemas além de aspectos como reprodução de cores do ambiente e associação de iluminação artificial e natural sempre que possível. Tudo isso alinhado à qualidade do produto oferecido e atendimento aos usuários que frequentam o ambiente. (SILVA, 2011).

A seguir, a análise das características dos ambientes da unidade *offshore* de perfuração em estudo, detalhamento do sistema de iluminação instalado atualmente e em seguida, a proposta de adequação do sistema por um mais eficiente energeticamente.

##### 3.1.1 ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES

O primeiro passo é realizar o levantamento energético do sistema, detalhando os equipamentos instalados por área e suas características. O Apêndice A, descreve sobre os equipamentos instalados em cada área, informando as características das luminárias, lâmpadas e reatores e carga instalada em cada local. Para análise do consumo gerado pelo reator eletromagnético, no sistema de iluminação atual, foi considerado um valor de 0,15% sobre o consumo das lâmpadas.

Conhecida a carga instalada no sistema, se faz necessário à apresentação das dimensões estruturais das áreas e características dos ambientes, que será apresentada no Apêndice B.

O Apêndice C descreverá sobre as atividades realizadas, o total de horas em funcionamento diário e o fator de manutenção, que indicará a limpeza e conservação destes locais. O Fator de depreciação do ambiente é baseado na tabela 2 – Fator de Depreciação.

**TABELA 2 – FATOR DE DEPRECIAÇÃO**

<b>Ambiente</b>	<b>Período de Manutenção</b>		
	<b>2.500 horas</b>	<b>5.000 horas</b>	<b>7.500 horas</b>
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,8
Sujo	0,8	0,66	0,57

Fonte: CREDER, H.

Esses fatores são de grande importância para entendimento do local e aplicação de indicadores quando apresentado uma solução mais eficiente ao sistema.

A tabela 3 resume as cargas e equipamentos instalados na unidade:

**TABELA 3 – RESUMO DA INSTALAÇÃO ATUAL**

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>
Áreas	46
Lâmpada Fluor. 40W	1338
Lâmpada Mista 500W	22
Luminária Fluorescente Embutir 2x40W	168

Continua

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>
Luminária Fluorescente Ex 2x40W	501
Reator para Lâmpada Fluorescente Eletromag. 2x40W	669
Refletor Ex 500W	22
Potência total instalada (KW) - Sistema de Iluminação	72,548

Fonte: Elaboração própria.

### **3.1.2 PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA**

Em projetos de eficientização de sistemas de iluminação é essencial a avaliação do potencial de recursos naturais, como a utilização da luz natural para fonte de iluminação, no entanto, essa técnica é impraticável em unidades *offshore* devido à complexidade e características construtivas da sonda, não oferecendo recursos para mudanças de *layout* ou aproveitamento desse recurso.

A estratégia utilizada para eficientização do sistema de iluminação da unidade será em um novo estudo das áreas, para determinação da quantidade de equipamentos de iluminação necessários, e substituição do sistema atual por tecnologias mais eficientes.

Em edificações industriais a metodologia mais utilizada para cálculo luminotécnico é pelo método de Lumens. Este tem como objetivo determinar o fluxo luminoso necessário para cada área, baseado nas dimensões e características da edificação, tipo de atividade laboral e equipamento de iluminação adotado. (GUERRINI, 2008).

Em sondas *offshore*, em média 98% das lâmpadas utilizadas são do tipo fluorescente. Isso se dá pela variedade de equipamentos disponíveis no mercado

(principalmente os equipamentos com característica Ex), custos e eficiência. A seguir serão analisadas características dos sistemas de iluminação de uma sonda e ao final definiremos a melhor opção para implantação do projeto.

A escolha dos sistemas de iluminação terá como foco tecnologias atuais e mais eficientes, e será baseada em pesquisas através de catálogos de fabricantes, e experiência técnica de mercado.

### **Escolha do nível de Iluminamento (E):**

A determinação do nível de iluminância (E) deve ser feita a partir de normas específicas e de referência. Em instalações elétricas prediais e industriais utiliza-se a ABNT NBR 5413. Em unidades *offshore* deve-se utilizar a Norma ABNT NBR IEC 61892-2, onde constará o tipo de atividade por ambiente e o valor de iluminância média para o exercício da atividade. (FILHO, 2010).

O Apêndice D apresenta a relação das áreas da unidade e determina os valores do nível de iluminamento para o local, com referência a Norma ABNT NBR IEC 61892-2.

### **Escolha das luminárias, lâmpadas e reatores:**

A escolha do sistema de iluminação tem como objetivo principal o elevado desempenho energético do equipamento e atendimento do ambiente a ser instalado, tanto em segurança elétrica quanto em qualidade da iluminação.

Foram consultados diversos fabricantes, nacionais e internacionais, com o objetivo de oferecer um sistema eficiente.

A escolha dos equipamentos definidos em cada área está disponível no Apêndice E.

### **Determinação do Fluxo do Local (K):**

O índice do local é definido a partir da relação entre as dimensões (em metro) do ambiente.

Para determinação do valor K, aplica-se a fórmula:

$$K = \frac{C \cdot L}{(C + L) \cdot A} \quad [3.1]$$

Onde:

C = Comprimento do Local

L = Largura do Local

A = Altura da Luminária ao Plano de Trabalho

O Apêndice F apresenta de forma otimizada as dimensões das áreas da unidade e o valor resultante do Fluxo do local (K), a partir da equação acima.

### **Determinação do Fator de Utilização (Fu):**

O Fator de Utilização, é a razão entre o fluxo utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ou seja indica a eficiência luminosa do conjunto luminária, lâmpada e ambiente. Para definição do coeficiente do Fator de Utilização é necessário encontrar o índice de refletância do ambiente, definindo a partir de escalas de cores o valor do coeficiente dos tetos, paredes e pisos (CREDER, 2002).

O Fator de Utilização é determinado pelo fabricante dos equipamentos e disponibilizado no catálogo do produto em forma de tabela. Ou apenas informado

como valor médio de eficiência, neste caso já se considera o produto da eficiência do recinto pela eficiência da luminária.

Para os equipamentos de iluminação à prova de explosão (Luminária Fluorescente e Projetor) o fabricante disponibiliza o Fator de Utilização em forma de percentual de eficiência, ou seja, não é necessária a determinação da eficiência do recinto e da eficiência da luminária.

Para as luminárias sem características à prova de explosão, o valor do Fator de Utilização é definido a partir de Tabela disponibilizada pelo fabricante do equipamento.

Definidos os valores de Fluxo do Local (K), deve-se avaliar os índices de reflexão médio do recinto (cor do teto, parede e piso), aplicando-se o seguinte critério:

TABELA 4 – ÍNDICE DE REFLEXÃO

	Branco	0,7 (70%)
Teto	Claro	0,5 (50%)
	Médio	0,3 (30%)
Parede	Claro	0,5 (50%)
	Médio	0,3 (30%)
Piso	Escuro	0,1 (10%)
	Médio	0,3 (30%)
	Escuro	0,1 (10%)

Fonte: Elaboração própria.

Ou seja,

- 1:** superfície escura - 10% de reflexão.
- 3:** superfície média - 30% de reflexão.
- 5:** superfície clara - 50% de reflexão.
- 7:** superfície branca - 70% de reflexão.

Com o valor do Fluxo do Local (K) e o índice de reflexão médio do ambiente, basta consultar a tabela de Fator de Utilização fornecida no catálogo do fabricante para determinar o valor de Fu.

O Fator de Utilização (FU) é fornecido no Apêndice G.

### Cálculo do número de luminárias:

O cálculo para definição do número de luminárias necessário em cada ambiente segue a equação abaixo:

$$N = \frac{E \times A}{n \times \Phi_n \times U \times F_m \times FFL} \quad [3.2]$$

Onde,

**N** = Número necessário de luminárias;

**A** = Área do ambiente ( $m^2$ ). O valor de área (em  $m^2$ ) do ambiente é o produto da largura multiplicado pelo comprimento do local, e pode ser consultado no Apêndice B.

**FM** = Fator de manutenção. O Fator de manutenção de cada área é disponibilizado no Apêndice C.

**E** = Iluminância média (lux). A iluminância média (E) de cada área da unidade é apresentada no Apêndice D, tendo como referência a Norma ABNT NBR IEC 61892-2.

**n** = Número de lâmpadas em cada luminária. O número de lâmpadas em cada luminária é definido no Apêndice E. Para luminária fluorescente foi determinados duas lâmpadas por equipamento e para projetores tipo refletor uma lâmpada por equipamento.

**U** = Fator de utilização. O Fator de utilização é definido no Apêndice G.

**Φn** = Fluxo luminoso de cada lâmpada. O Fluxo luminoso para cada tipo de lâmpada é apresentado na tabela 5, e segue como base o catálogo disponibilizado pelo fabricante.

**FFL** = fator de fluxo luminoso do reator. O Fator de fluxo luminoso do reator é apresentado na tabela 6, e segue como base o catálogo disponibilizado pelo fabricante.

Tabela 5 – Fluxo Luminoso de Lâmpadas

Lâmpada				
Tipo	Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)
Fluorescente Tubular	Osram	Lumilux FO32W/830	32	2800
Fluorescente Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	36	3350
Multivapores Metálicos	Osram	HQI-T 400W/D PRO	400	35000

Fonte: Osram.

Tabela 6 – Fator de Fluxo Luminoso do Reator

Reator				
Tipo	Fabricante	Modelo	Potência (W)	Fator de Fluxo Luminoso
Reator Lâmp. Fluorescente	OSRAM	QTP8 2x36	2x36	0,9

Continua

<b>Reator</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Fator de Fluxo Luminoso</b>
Reator Lâmp. Fluorescente	OSRAM	QTP8 2x32	2x32	0,9
Reator Lâmp. Descarga	OSRAM	PT-Fit	400	1

Fonte: Osram.

O número necessário de luminárias em cada ambiente é apresentado no Apêndice H.

A Tabela 7 resume as cargas e equipamentos instalados após a proposta de eficientização do sistema:

**TABELA 7 – RESUMO DA NOVA INSTALAÇÃO**

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>
Áreas	46
Lâmpada Fluor. 32W	304
Lâmpada Fluor. 36W	790
Lâmpada Vapor metálico 400W	15
Luminária Fluorescente Embutir 2x32W	152
Luminária Fluorescente Ex 2x36W	395
Projetor Ex 400W	15
Reator eletrônico AF 2x32W	152
Reator eletrônico AF 2x36W	395
Reator eletrônico AF para Lâmpada Vapor metálico 400W	15
Potência total instalada (KW) - Sistema de Iluminação	44,168

Fonte: Elaboração própria.

A unidade em análise foi construída na década de 70 e reformada pela última vez em 1998, portanto os sistemas de iluminação instalados são em sua maioria muito antigos. A partir de um novo dimensionamento do sistema, substituição da instalação atual por equipamentos modernos que produzem maior quantidade de luz com menos consumo de energia, além de redução de perdas em reatores e maior rendimento de luminárias, foi possível uma redução significativa no consumo de energia.

A carga instalada passou de 72,548KW para 44,168KW, ou seja, 28,380KW, o que representa uma redução de 39,12%.

Isso representa um ganho de:

$$28,380\text{KWh} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} = 245,203 \text{ MWh/ano} \quad [3.3]$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 INVESTIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO E REDUÇÃO DE CUSTOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A implantação de um novo sistema de iluminação requer grande investimento financeiro, visto que os custos com luminárias e acessórios à prova de explosão são de ordens extremamente elevadas quando comparados a equipamentos industriais, somados aos custos de mão de obra especializada para trabalhos *offshore* e logística de transporte de material até a sonda.

É apresentada na tabela 8 a lista dos custos de investimento com materiais e acessórios, mão de obra e logística necessárias para adequação do sistema.

TABELA 8 – INVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

<b>Qtd</b>	<b>Descrição</b>	<b>Projeto</b> <b>Und</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor Total</b>
304	Lâmpada Fluor. 32W	und.	R\$ 2,90	R\$ 881,60
790	Lâmpada Fluor. 36W	und.	R\$ 3,15	R\$ 2.488,50
15	Lâmpada Vapor metálico 400W	und.	R\$ 26,36	R\$ 395,40
152	Luminária Fluorescente Embutir 2x32W	und.	R\$ 116,00	R\$ 17.632,00
395	Luminária Fluorescente Ex 2x36W	und.	R\$ 1.012,00	R\$ 399.740,00
15	Projetor Ex 400W	und.	R\$ 672,00	R\$ 10.080,00
152	Reator eletrônico AF 2x32W	und.	R\$ 10,38	R\$ 1.577,76
395	Reator eletrônico AF 2x36W	und.	R\$ 10,38	R\$ 4.100,10

Continua

<b>Projeto</b>			<b>Valor unitário</b>	<b>Valor Total</b>
<b>Qtd</b>	<b>Descrição</b>	<b>Und</b>		
15	Reator eletrônico AF para Lâmpada Vapor metálico 400W	und.	R\$ 43,42	R\$ 651,30
1	Acessórios para instalação (parafusos, solda, prensa cabo)	Conj	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
843	Mão de Obra para Instalação	hora	R\$ 50,00	R\$ 42.150,00
1	Logística/Transporte de Materiais	und.	R\$ 11.000,00	R\$ 11.000,00
<b>Valor Total</b>				R\$ 497.696,66

Fonte: Elaboração própria.

Conforme será apresentado na tabela 9, o maior investimento para implantação da obra está nos materiais e acessórios, seguido por mão de obra especializada e por último, despesas com logística e transporte de materiais.

**TABELA 9 – PERCENTUAL POR TIPO DE CUSTOS**

Custo específico	Valor Total	Percentual
Materiais e acessórios	R\$ 444.546,66	89,32%
Mão de Obra	R\$ 42.150,00	8,47%
Logística e Transporte	R\$ 11.000,00	2,21%

Fonte: Elaboração própria.

Ao primeiro momento, o investimento para eficientização do sistema é impactante, porém quando analisados os custos com geração de energia elétrica a proposta de eficientização ganha maior atenção, principalmente como alternativa para redução de um dos maiores gastos em unidade offshore de perfuração, o óleo diesel.

Durante o processo de levantamento do sistema instalado, foi analisado o consumo médio dos geradores a partir dos terminais de controle dos geradores, localizados na sala de controle da unidade. Com o gerador trabalhando em regime de carga de 85%, o consumo diário de combustível é de aproximadamente 33m<sup>3</sup>, ou seja, 33.000L. A energia fornecida pelos geradores é de 4MWh o que representa ao final das 24 horas do dia 96MW de energia gerada.

Concluímos que o consumo médio de óleo diesel é 0,34375 litros/KW de energia. Portanto, a redução estimada em 245,203 MWh/ano com o novo sistema de iluminação representa uma economia de:

$$28,380\text{KW} \times 0,34375 \frac{\text{litros}}{\text{KWh}} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} = 84.288 \frac{\text{litros}}{\text{ano}} \quad [4.1]$$

É sem dúvidas uma redução de custos significativa com geração de energia.

Segundo informações internas da unidade, o preço do litro do óleo diesel chega aos tanques da sonda por R\$ 2,63, este valor cotado no dia: 10/05/2013, já calculados impostos e despesas com logística para transporte do combustível. Ou seja, uma economia de aproximadamente R\$ 221.679,01 por ano, a partir da finalização da instalação do novo sistema.

## 4.2 VIABILIDADE DE INVESTIMENTO E RESULTADOS ALCANÇADOS

A análise de viabilidade de um projeto é de fundamental importância para se estimar as perspectivas de investimento e impactos financeiros à empresa, assim, subsidiando a melhor tomada de decisão para determinado investimento. Também objetiva caracterizar oportunidades que ofereçam lucros ao final do projeto, assim

como, um fluxo de caixa positivo durante sua vida útil. Essa análise é imprescindível para se previr o sucesso, ou não, de determinado projeto. (SAMANEZ, 2002).

Sob o contexto da análise de viabilidade de projetos, é necessário o conhecimento das principais técnicas para tomada de decisão. A seguir serão apresentados os principais métodos de avaliação:

O Payback simples é uma técnica de análise de investimentos de extrema simplicidade quanto à avaliação e desenvolvimento. Permite determinar o tempo de retorno para certo investimento, ou seja, o tempo entre o investimento e o momento em que se passa a ter lucro. No entanto, esta metodologia apresenta deficiências, pois não é capaz de reconhecer o valor do dinheiro no tempo e entradas após a recuperação do investimento. (BRAGA, 1998).

$$\text{Payback} = \frac{C_i}{G} \quad [4.2]$$

Onde,

**Payback** = Tempo de Retorno;

**C<sub>i</sub>** = Custo de Investimento;

**G** = Ganhos anuais.

Com a necessidade de suprir as deficiências do método do Payback simples, desenvolveu-se o método do payback descontado, muito utilizada em projetos de energia. Essa análise permite determinar o tempo entre o investimento inicial até o momento em que esse se iguala ao lucro líquido acumulado, ou seja, determina o tempo necessário para recuperação do investimento, levando em considerando o

efeito de trazer o fluxo de caixa a valor presente, descontado pela Taxa mínima de atratividade. (BRAGA, 1998).

Apesar da mesma definição do Payback simples, o Payback Descontado utiliza uma metodologia de cálculos mais precisa e segura, pois considera o efeito do valor do dinheiro no tempo:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n \quad [4.3]$$

Onde,

**FCC (t)** = Valor presente do capital, sendo o fluxo de caixa descontado (para o valor presente) cumulativo até o tempo t;

**I** = Investimento acumulado (em módulo), ou seja, -I é o valor algébrico do investimento, localizado no instante 0 (início do primeiro período);

**R<sub>j</sub>** = Receita faturada do ano j;

**C<sub>j</sub>** = Custo obtido no ano j;

**i** = Taxa de juros estabelecida;

**j** = Índice que expressa os períodos j = 1 a t.

VPL (Valor Presente Líquido) é um dos mais utilizados, essa metodologia traz ao valor presente todos os fluxos de caixa considerados nas operações de aplicação e retiradas do projeto, além de considerar o risco do projeto através da taxa de desconto. Quando o valor final do VPL é positivo, esse indica um projeto atrativo, ou seja, com lucro. Quando o VPL resulta em valor negativo isso indica prejuízo, e quando o valor do VPL é zero, significa um projeto sem lucro, mas também sem prejuízo, apenas um projeto que se paga. (PENEDO, 2005).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{|C_t|}{(1+i)^t} \quad [4.4]$$

Onde,

**VPL** = Valor presente

**R<sub>t</sub>** = Receitas líquidas em cada momento t do projeto;

**C<sub>t</sub>** = Custos líquidos, em módulos, em cada momento t do projeto;

**t** = número de períodos;

**i** = taxa de atratividade.

TIR (Taxa Interna de Retorno) é uma taxa que representa o valor do projeto. Diferente do VPL, que considera os fluxos de caixa e taxas de juros para calcular o valor do dinheiro no tempo, a TIR não considera nenhuma taxa durante o fluxo, apenas o fluxo de caixa puro. Ou seja, a TIR é o valor percentual do fluxo de caixa e quando utilizada no projeto iguala o VPL à zero. (PENEDO, 2005).

$$VPL = 0 = \text{Investimento inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad [4.5]$$

Onde,

**i** = TIR.

Analizando todo o capital investido e empregando técnicas de análise de viabilidade é possível mapear os resultados futuros de determinado projeto, estimando-se os produtos finais.

Para analisar a viabilidade do projeto será utilizado o método do Payback descontado, com o objetivo de calcular o número de períodos que a empresa levará para recuperar o investimento no sistema de iluminação eficiente. Onde serão incluídos indicadores de valor do dinheiro no tempo e ajustados os fluxos de caixa por uma taxa de desconto anual.

Considerando despesa anual com geração de energia para o antigo sistema de iluminação, em:

- Consumo de energia elétrica:

$$72,548 \text{ KWh} \cdot 24 \text{ horas} \cdot 30 \text{ dias} \cdot 12 \text{ meses} = 626,814 \text{ MWh} \quad [4.6]$$

- Consumo de óleo diesel:

$$626,814 \text{ MWh} \cdot 0,34375 \frac{\text{litros}}{\text{KWh}} = 215.467 \frac{\text{litros}}{\text{ano}} \quad [4.7]$$

- Custo financeiro:

$$215.467 \text{ litros} \cdot R\$: 2,63 = R\$: 566.679,68 \quad [4.8]$$

E a partir da eficientização do sistema, um custo médio anual de:

- Consumo de energia elétrica:

$$44,168 \text{ KWh} \cdot 24 \text{ horas} \cdot 30 \text{ dias} \cdot 12 \text{ meses} = 381,611 \text{ MWh} \quad [4.9]$$

- Consumo de óleo diesel:

$$381,611 \text{ MWh} \cdot 0,34375 \frac{\text{litros}}{\text{KWh}} = 131.178 \frac{\text{litros}}{\text{ano}} \quad [4.10]$$

- Custo financeiro:

$$131.178 \text{ litros} \cdot \text{R\$: } 2,63 = \text{R\$: } 345.000,66 \quad [4.11]$$

Foi possível uma redução de custos anuais de R\$ 221.679,02 com óleo diesel. Em contrapartida o investimento necessário para implantação do novo projeto é R\$ 497.696,66.

Aplicando-se o método do Payback Descontado, é possível determinar o tempo necessário para recuperação do investimento, e ao final da análise de investimento tomar à decisão quanto à viabilidade ou não do projeto e, consequentemente, a execução da nova instalação.

É importante ressaltar que entre os meses de fevereiro a maio de 2013 (período de elaboração da monografia) o litro do óleo diesel entregue no tanque da sonda, sofreu ajuste de 5% no preço, ou seja, de R\$ 2,51 para R\$ 2,63. Já os equipamentos, materiais e mão de obra mantiveram-se sem reajustes.

Conhecido o custo de investimento, fluxo de caixa e taxa de desconto, a modelagem matemática é demonstrada à seguir:

Dados:

**Investimento:** R\$ 497.696,66.

**Fluxo de caixa:** R\$ 221.679,02.

**Taxa de desconto:** 10% ao ano.

TABELA 10 – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO AJUSTADO

Ano	Fluxo de Caixa (anual)	Fluxo de caixa (ajustado)	Fluxo de caixa (acumulado)
0	-R\$ 497.696,66		-R\$ 497.696,66
1	R\$ 221.679,02	R\$ 221.679,02 / (1+10%) <sup>1</sup> = -R\$ 497.696,66 + R\$ 201.526,38 = <b>R\$ 201.526,38</b>	<b>-R\$ 296.170,28</b>
2	R\$ 221.679,02	R\$ 221.679,02 / (1+10%) <sup>2</sup> = -R\$ 296.170,28 + R\$ 183.205,80 = <b>R\$ 183.205,80</b>	<b>-R\$ 112.964,48</b>
3	R\$ 221.679,02	R\$ 221.679,02 / (1+10%) <sup>3</sup> = -R\$ 112.964,48 + R\$ 166.550,73 = <b>R\$ 166.550,73</b>	<b>R\$ 53.586,25</b>
4	R\$ 221.679,02	R\$ 221.679,02 / (1+10%) <sup>4</sup> = R\$ 53.586,25 + R\$ 151.409,75 = <b>R\$ 151.409,75</b>	<b>R\$ 204.996,01</b>
5	R\$ 221.679,02	R\$ 221.679,02 / (1+10%) <sup>5</sup> = R\$ 204.996,01 + R\$ 137.645,23 = <b>R\$ 137.645,23</b>	<b>R\$ 342.641,24</b>

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado no fluxo de caixa acumulado ajustado, o Payback está entre o ano 2 e o ano 3. Assim temos:

$$\text{Payback} = 2 + \frac{\text{R\$ } 112.964,48}{\text{R\$ } 166.550,73} = 2,67 \text{ anos} \quad [4.12]$$

Após análise de viabilidade financeira, o projeto mostrou-se ainda mais praticável, pois além da economia de insumos para geração de energia, apresentou um tempo satisfatório de retorno do investimento. O investimento será capaz de se pagar em 2,67 anos, a uma taxa de 10% ao ano, o que representa um tempo praticável, e risco previsto, pelo tipo de projeto.

Em análise de viabilidade de projetos, é comum a utilização da técnica de análise de sensibilidade, essa que tem como objetivo a tomada de decisão, levando-se em conta fatores de incerteza na avaliação das alternativas de investimento.

A taxa de desconto aplicada será variada em 20% para mais e para menos, e analisado o comportamento sobre o tempo de retorno do investimento, em função desses novos parâmetros.

Deve-se ressaltar que quando há uma pequena variação no parâmetro que resulte em grande variação no fluxo de caixa, a decisão é sensível à variação desse parâmetro.

Análise de sensibilidade com taxa de desconto variando 20% a menos, ou seja, taxa de desconto a 8%.

Dados:

**Investimento:** R\$ 497.696,66.

**Fluxo de caixa:** R\$ 221.679,02.

**Taxa de desconto:** 8% ao ano.

TABELA 11 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE A 8%

Ano	Fluxo de Caixa (anual)	Fluxo de caixa (ajustado)	Fluxo de caixa (acumulado)
0	-R\$ 497.696,66		-R\$ 497.696,66
1	R\$ 221.679,02	R\$ 205.258,35	-R\$ 292.438,31
2	R\$ 221.679,02	R\$ 190.054,03	<b>-R\$ 102.384,28</b>
3	R\$ 221.679,02	<b>R\$ 175.975,95</b>	R\$ 73.591,67
4	R\$ 221.679,02	R\$ 162.940,70	R\$ 236.532,37
5	R\$ 221.679,02	R\$ 150.871,02	R\$ 387.403,39

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado no fluxo de caixa acumulado ajustado, o Payback está entre o ano 2 e o ano 3:

Assim temos:

$$\text{Payback} = 2 + \frac{\text{R\$ } 102.384,28}{\text{R\$ } 175.975,95} = 2,58 \text{ anos} \quad [4.13]$$

Análise de sensibilidade com taxa de desconto variando 20% a mais, ou seja, taxa de desconto a 12%.

Dados:

**Investimento:** R\$ 497.696,66.

**Fluxo de caixa:** R\$ 221.679,02.

**Taxa de desconto:** 12% ao ano.

TABELA 12 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE A 12%

Ano	Fluxo de Caixa (anual)	Fluxo de caixa (ajustado)	Fluxo de caixa (acumulado)
0	-R\$ 497.696,66		-R\$ 497.696,66
1	R\$ 221.679,02	R\$ 197.927,70	-R\$ 299.768,96
2	R\$ 221.679,02	R\$ 176.721,16	<b>-R\$ 123.047,81</b>
3	R\$ 221.679,02	<b>R\$ 157.786,75</b>	R\$ 34.738,94
4	R\$ 221.679,02	R\$ 140.881,02	R\$ 175.619,97
5	R\$ 221.679,02	R\$ 125.786,63	R\$ 301.406,60

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado no fluxo de caixa acumulado ajustado, o Payback está entre o ano 2 e o ano 3:

Assim temos:

$$\text{Payback} = 2 + \frac{\text{R\$ } 123.047,81}{\text{R\$ } 157.786,75} = 2,77 \text{ anos} \quad [4.13]$$

É possível concluir que o projeto não é sensível à variação da taxa de desconto, pois o tempo de retorno do investimento se mostrou estável com as variações aplicadas. Mais uma vez, o investimento se mostrou viável e com tempo de retorno praticável.

#### 4.3 IMPACTOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

O aumento no consumo de combustível para geração de energia elétrica em sondas *offshore* está basicamente alinhado à capacidade de exploração dessas unidades, que cada vez mais avançam sua capacidade de exploração e, consequentemente, elevam a quantidade de equipamentos e sistemas.

O Diesel, se não a única alternativa para geração de energia elétricas em sondas de perfuração, é o único sistema capaz de suprir a demanda de consumo, portanto não existem alternativas capazes de substituir esse tipo de geração durante o processo de perfuração. Como todo sistema de geração de energia elétrica, a geração de energia por geradores diesel apresenta vantagens e desvantagens na sua utilização e torna-se relevante analisar os impactos ambientais provocados por esse sistema.

Segundo o Ministério de Minas e Energia, o diesel causa impactos ambientais graves e prejudiciais à humanidade, pois liberam grandes quantidades de efluentes gasosos poluentes na atmosfera. Essa emissão de gases intensifica o efeito estufa, responsável pelo aquecimento global que provoca o derretimento das geleiras, a elevação do nível do mar e o aumento de fenômenos naturais que causam grandes destruições, como os furacões.

Os gases mais impactantes são o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), o CH<sub>4</sub> (metano), o N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), Perfluorcarbonetos, Hexafluoreto de Enxofre - SF<sub>6</sub> e Hidrofluorcarbonetos – HFCs. (XAVIER, 2004).

Existem, ainda, emissões de SO<sub>2</sub> (óxido de enxofre) responsáveis pela chuva ácida e de material particulado, constituído de pós e cinzas em suspensão que provocam alterações na biodiversidade local e diversos males à saúde humana, essas emissões podem ser levadas pelo vento à distâncias de até mil quilômetros de sua fonte, e causar chuvas ácidas em locais bem distantes, sendo considerado, então, um problema regional. (GOLDEMBERG, 2003).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o gás de efeito estufa que causa maior preocupação é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Considerando toda a cadeia energética a partir da produção dos derivados de petróleo, pode-se inferir que a geração de gases de efeito estufa é considerável, pois ocorre tanto na produção do petróleo como na queima de seus derivados. O efeito estufa tem como principal efeito o aquecimento global no planeta e caso o homem não diminua a emissão desses gases nos próximos anos, podemos enfrentar as seguintes consequências: desertificação, derretimento das geleiras dos polos do planeta, migrações em massa de pessoas devido a alagamento das cidades e o aumento da temperatura em algumas regiões do mundo, ocasionando problemas na agricultura, epidemias, além de elevar a quantidade de mosquitos transmissores de doenças e outros desastres ambientais.

Como relatado os principais impactos socioambientais do uso de derivados de petróleo para a produção de energia estão relacionados às emissões atmosféricas. Os benefícios ambientais gerados com a redução no consumo de energia elétrica é um menor impacto ambiental causado principalmente pela diminuição da utilização desse combustível. (OLIVEIRA, 2006).

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou a eficientização do sistema de iluminação de uma sonda *offshore* de perfuração, tema tão pouco explorado no setor petrolífero.

A partir de um novo estudo luminotécnico das áreas, alinhados à correta distribuição das luminárias, seleção e aplicação de equipamentos, foi possível a eficientização do sistema de iluminação da sonda.

A grande barreira na eficientização de unidades *offshore*, quando comparado a sistemas industriais comuns, está nas opções de equipamentos disponíveis para esse tipo de aplicação. Em geral, equipamentos à prova de explosão não oferecem vasta gama de modelos, sem contar com o custo elevado e dificuldade para instalação.

Os resultados alcançados expressam o objetivo principal do trabalho que é proporcionar um sistema de iluminação que satisfaça questões ergonômicas, oferecendo aos trabalhadores maior segurança e conforto nas operações, alinhado a redução de custos com processos de geração de energia elétrica, preservação ambiental e possibilidade de provar a eficientização de sistemas de iluminação de unidades *offshore* de perfuração.

O tempo de retorno do investimento mostrou-se viável economicamente, pois a uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, foi possível o retorno de investimento de R\$ 497.696,66 em 2,67 anos, valor calculado através do Payback descontado, ou seja, satisfaz as expectativas do projeto. É importante ressaltar que, se visualizarmos a crescente demanda de unidades chegando ao país, somadas às já em operação, a redução com insumos, impactos ambientais e custos com processos para geração de energia será expressivo.

No antigo sistema, era comum a instalação de novos equipamentos sempre que detectados pontos com pouco iluminamento, sem um estudo prévio do ambiente ou a recuperação das luminárias instaladas. É de fundamental importância para o entendimento de equipes de manutenção a implementação de um programa de controle de manutenção e conservação desses equipamentos, somente assim garantindo a longevidade do novo sistema.

Apesar de sistema de iluminação representar um pequeno percentual de consumo de energia elétrica, quando comparado a demais equipamentos, como motores ou máquinas elétricas, enxerga-se nesse modelo de eficientização a possibilidade de maiores desafios, desde que existam iniciativas e principalmente conscientização do uso racional de recursos, que no mercado *offshore* são de custos elevadíssimos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPEX, POJECT EXPLO. MBIEAEx: **Manual de Bolso de Instalações Elétricas em Atmosfera Explosiva**. 4<sup>a</sup>. Ed. São Paulo: Editora Grau 10, 2012.

Apostila do Ministério de Minas e Energia: **Plano Nacional de Energia 2030**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-1: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 1: Invólucros à prova de explosão "d"**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-2: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 2: Proteção de equipamento por invólucro pressurizado "p"**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-5: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 5: Proteção de equipamentos por imersão em areia “q”**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-6: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 6: Proteção de equipamento por imersão em óleo “o”**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-7: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 7: Proteção de equipamentos por segurança aumentada "e"**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-10: Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 10: Classificação de áreas**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60079-11: **Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 11: Proteção de equipamento por segurança intrínseca "i".** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60079-15: **Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 15: Construção, ensaio e marcação de equipamentos elétricos com tipo de proteção "n".** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60079-17: **Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas em áreas classificadas (exceto minas).** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60079-18: **Equipamentos Elétricos para atmosferas explosivas – Parte 18: Proteção de equipamento por encapsulamento “m”.** Rio de Janeiro, 2010.

BRAGA, Roberto. **Fundamentos e técnicas de administração financeira.** São Paulo: Atlas, 1998.

Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. **Os desafios do pré-sal.** Biblioteca digital da Câmara dos Deputados. Disponível em: [http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/712/1/desafios\\_pre\\_sal\\_conselho.pdf](http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/712/1/desafios_pre_sal_conselho.pdf). Acesso em: 16/12/2012.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas.** Ed. LTC, 2002.

FILHO, João Mamed. **Instalações Elétricas Industriais.** Ed. LTC, 2010.

GOEKING, Weruska. **Lâmpadas e Leds.** Disponível em:  
<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/176-lampadas-e-leds.html>.  
Acesso em: 26/02/2013.

GOLDEMBERG, José; Villanueva, L. D. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento.** Edusp, 2003.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação - Teoria e Projeto.** Ed. Erica, 2008.

JORDÃO, D. M. **Manual de Instalações Elétricas em Industrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo, Atmosferas Explosivas.** 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

LUME ARQUITETURA. **Fibra Óptica: um revolucionário conceito em iluminação.** Disponível em:  
[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed17/ed\\_17\\_Aula.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed17/ed_17_Aula.pdf). Acesso em: 13/03/2013.

LUCIANO, Benedito Antônio. **Lâmpadas fluorescentes e distorções harmônicas: eficiência energética e qualidade de energia.** Disponível em:  
<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/254-lampadas-fluorescentes-e-distorcoes-harmonicas-eficiencia-energetica-e-qualidade-de-energia.html>. Acesso em: 22/02/2013.

MAJOROS, András. **Daylighting.** PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland. Edited by S.V.Szokolay, 1998.

MANSANO, Renato Brandão. **Engenharia de Perfuração e Completação de Poços de Petróleo.** UFSC, 2004.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; GUARDIA, Eduardo Crestena. **Eficiência Energética – Teoria e Prática.** Fupai, 2007.

NAVTECH. **Manual de Áreas Explosivas.** Navtech Comercio de Eletroeletronicos LTDA, 2010.

NOOA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION Ocean Explorer. [S.I]: NOAA. Disponível em: [http://www.oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/oil/media/types\\_600.html](http://www.oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/oil/media/types_600.html). Acesso em: 12/01/2012.

NUTSTEEL. CGN21: **Equipamentos para áreas com atmosfera explosivas e industriais.** Revista 2<sup>a</sup>. Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2008.

OLIVEIRA, J.A. **Otimização Ambiental de um sistema de Produção de Petróleo Baseada em Critérios de Produção mais Limpa.** Dissertação de Mestrado (M.Sc.), Universidade Federal da Bahia, 2006.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático.**

PENEDO, Roberto da Cunha. **A Taxa Interna de Retorno - Na Análise de Investimentos.** Ed. Lettera, 2005.

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/meio-ambiente>. Acesso em: 09/05/2013.

PHILIPS. **Guia Prático Philips Iluminação.** Disponível em: [http://www.lighting.philips.com.br/pwc\\_li/br\\_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso\\_Sistema\\_09\\_final.pdf](http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf). Acesso em: 01/03/2013.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente.** PROCEL, 2002.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Matemática Financeira - Aplicações à Análise de Investimentos.** São Paulo, 2002.

SILVA, Marcio Carvalho. **Ações de eficiência energética.** Ed. Blucher, 2011.

SOUSA, Raine. **História do Petróleo no Brasil.** Disponível em: <http://www.brasilescola.com/brasil/historia-do-petroleo-no-brasil.htm>. Acesso em: 22/03/2013.

SOUZA, Alice Ferreira. **Engenharia do Petróleo: Exploração e Produção – Perfuração.** Apostila Centro Universitário de Barra Mansa, 2010.

SUZUKI, R. **Instruções gerais para Instalações em Atmosferas Explosivas.** 2<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2002.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** Rio de Janeiro: Editora Interciênciac, 2001.

VEJA, edição 2145. 30 de dezembro de 2009. Especial 2010: **O ano zero da economia sustentável.**

XAVIER, Edna Elias. **Eleticidade no Brasil – Proposta Metodológica para Inventário das Emissões Aéreas e sua Aplicação para o caso do Co2.** Rio de Janeiro – 2004.

## APÊNDICE A

**TABELA APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INSTALADO**

<b>Local</b>	<b>Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora</b>									
	<b>Qtd.</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Fabric.</b>	<b>Modelo</b>	<b>Característica</b>	<b>Reator</b>	<b>Lâmpada</b>	<b>Lâmpada</b>	<b>Reator</b>	<b>Total</b>
A.C. Compressor AFT	13	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,040	0,156	1,196
A.C. Compressor Room	8	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,640	0,096	0,736
Accumulator Room	10	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,800	0,120	0,920
AFT SCR	32	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	2,560	0,384	2,944
APV Room	17	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,360	0,204	1,564
Aux. Pump Room	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368

Continua

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora									
	Luminária						Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total
BOP Room #1	5	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,400	0,060	0,460
BOP Room #2	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368
Break cooling Room	7	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,560	0,084	0,644
Cabin (1 until 90)	90	Luminária Fluor. Embutir	-	2x40W	-	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	7,200	1,080	8,280
APV Room	17	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,360	0,204	1,564
Aux. Pump Room	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368
BOP Room #1	5	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,400	0,060	0,460
BOP Room #2	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368

Continuação

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora									
	Luminária						Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total
Break cooling Room	7	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,560	0,084	0,644
Cabin (1 until 90)	90	Luminária Fluor. Embutir	-	2x40W	-	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	7,200	1,080	8,280
Compressor Room	13	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,040	0,156	1,196
Drill Floor (equipment area)	13	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,040	0,156	1,196
Drill Floor (platform)	13	Projetor/Refletor 500W	Blinda	PTWNR	Ex II 2 GD Ex d e IIC	-	Lâmp. Mista - 500W	6,500		6,500
Dryer	6	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,480	0,072	0,552
Electrical Workshop	12	Luminária Fluor. Embutir	-	2x40W	-	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,960	0,144	1,104
Emergency Generator	5	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,400	0,060	0,460

Continuação

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora										
	Luminária							Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total	
Engine Room 1	16	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,280	0,192	1,472	
Engine Room 2	17	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,360	0,204	1,564	
Engineers Workshop	15	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,200	0,180	1,380	
Fire Pump Room	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368	
FWD Machinery Space	20	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,600	0,240	1,840	
Heavy Store 1, 2 and 3	17	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,360	0,204	1,564	
Hydraulic Room	6	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,480	0,072	0,552	
Mess Room	16	Luminária Fluor. Embutir	-	2x40W	-	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,280	0,192	1,472	

Continuação

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora										
	Luminária							Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total	
MID SCR	16	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,280	0,192	1,472	
Mud Pits	49	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	3,920	0,588	4,508	
Mud Pumps	24	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,920	0,288	2,208	
Mud Tank Room	46	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	3,680	0,552	4,232	
Office (1 until 10)	50	Luminária Fluor. Embutir	-	2x40W	-	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	4,000	0,600	4,600	
PLC Room	8	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,640	0,096	0,736	
Propulsion Room	32	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	2,560	0,384	2,944	
Reefer Plant	7	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,560	0,084	0,644	

Continuação

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora										
	Luminária							Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total	
Sack Store	36	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	2,880	0,432	3,312	
SCR FWD	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368	
Shale Shaker	19	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	1,520	0,228	1,748	
Thruster 1	2	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,160	0,024	0,184	
Thruster 2	2	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,160	0,024	0,184	
Thruster 3	2	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,160	0,024	0,184	
Thruster 4	3	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,240	0,036	0,276	
Thruster 5	2	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,160	0,024	0,184	

Conclusão

Local	Consumo do Sistema de Iluminação (atual) / hora									
	Luminária						Consumo da Luminária (KWh)			
	Qtd.	Equipamento	Fabric.	Modelo	Característica	Reator	Lâmpada	Lâmpada	Reator	Total
Thruster 6	2	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,160	0,024	0,184
Thruster A	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368
Thruster B	3	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,240	0,036	0,276
Thruster C	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368
Thruster D	4	Luminária Fluor. 2x40W	Telbra	TLEXN006	BR-Ex nR II T4	Eletromag. 220V	Lâmp. Fluor. T10 - 40W	0,320	0,048	0,368
Tubular Hold	9	Projetor/Refletor 500W	Blinda	PTWNR	Ex II 2 GD Ex d e IIC	-	Lâmp. Mista - 500W	4,500		4,500

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B

TABELA APÊNDICE B – DETALHAMENTO DAS ÁREAS

Local	Dimensões do Ambiente (m)					Refletância (cor)		
	Largura	Comprimento	Pé direito	Altura Luminária ao Piso	Plano de Trabalho	Teto	Parede	Piso
A.C. Compressor AFT	7,0	14,0	4,5	2,2	0,3	Branco	Cinza claro	Cinza claro
A.C. Compressor Room	4,5	10,0	3,7	2,9	1,0	Branco	Cinza claro	Cinza médio
Accumulator Room	4,5	14,5	3,8	2,6	0,3	Branco	Cinza claro	Preto
AFT SCR	16,0	18,0	3,5	2,5	0,3	Branco	Branco	Preto
APV Room	12,0	14,0	4,0	3,3	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Aux. Pump Room	4,5	7,5	3,6	3,2	0,8	Branco	Branco	Preto
BOP Room #1	4,5	10,0	3,7	3,0	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
BOP Room #2	4,6	10,0	3,7	3,0	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Break cooling Room	4,5	7,5	3,7	2,8	0,8	Branco	Branco	Preto
Cabin (1 until 90)	3,6	4,0	2,8	2,8	0,8	Branco	Cinza claro	Marrom

Continua

Local	Dimensões do Ambiente (m)					Refletância (cor)		
	Largura	Comprimento	Pé direito	Altura Luminária ao Piso	Plano de Trabalho	Teto	Parede	Piso
Compressor Room	4,6	26,0	3,7	2,9	0,8	Branco	Cinza claro	Preto
Drill Floor (equipment area)	19,0	7,0	4,2	2,5	0,8	Branco	Branco	Preto
Drill Floor (platform)	19,0	18,0	Local Aberto	6,0	0,8	Local Aberto	Local Aberto	Marrom
Dryer	5,0	8,0	4,5	3,8	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Cinza médio
Electrical Workshop	4,0	10,0	2,3	2,2	0,8	Cinza claro	Cinza médio	Preto
Emergency Generator	6,0	8,0	3,6	2,6	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Engine Room 1	11,0	15,0	4,0	2,6	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Engine Room 2	11,0	15,0	4,0	2,6	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Engineers Workshop	8,5	12,0	3,5	2,7	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Cinza médio
Fire Pump Room	4,5	7,5	4,0	3,3	0,8	Branco	Branco	Cinza claro
FWD Machinery Space	12,0	12,0	3,5	3,0	0,3	Branco	Cinza claro	Preto
Heavy Store 1, 2 and 3	5,0	42,0	3,0	2,5	1,0	Branco	Branco	Preto
Hydraulic Room	4,5	10,0	3,0	2,4	1,0	Cinza claro	Cinza claro	Cinza médio
Mess Room	9,0	13,0	2,8	2,8	0,8	Branco	Cinza claro	Cinza médio

Continuação

Local	Dimensões do Ambiente (m)					Refletância (cor)		
	Largura	Comprimento	Pé direito	Altura Luminária ao Piso	Plano de Trabalho	Teto	Parede	Piso
MID SCR	12,0	14,5	3,5	2,4	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Mud Pits	15,0	25,0	3,8	3,0	0,8	Brancos	Cinza claro	Cinza médio
Mud Pumps	17,0	20,0	4,0	3,2	0,3	Brancos	Brancos	Cinza médio
Mud Tank Room	15,0	25,0	3,8	3,0	0,8	Brancos	Brancos	Cinza médio
Office (1 until 10)	3,0	4,0	2,8	2,8	0,8	Brancos	Cinza claro	Marrom
PLC Room	5,0	12,0	3,0	2,5	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Propulsion Room	12,0	18,0	3,0	2,5	0,8	Brancos	Brancos	Preto
Reefer Plant	4,6	17,0	3,7	3,4	0,8	Brancos	Brancos	Cinza médio
Sack Store	12,0	42,0	3,0	2,7	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Cinza médio
SCR FWD	5,6	7,0	4,0	3,0	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Shale Shaker	9,0	20,0	4,2	2,5	0,8	Cinza claro	Cinza claro	Preto
Thruster 1	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Brancos	Brancos	Cinza claro
Thruster 2	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Brancos	Brancos	Cinza claro
Thruster 3	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Brancos	Brancos	Cinza claro

Conclusão

Local	Dimensões do Ambiente (m)					Refletância (cor)		
	Largura	Comprimento	Pé direito	Altura Luminária ao Piso	Plano de Trabalho	Teto	Parede	Piso
Thruster 4	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Branco	Branco	Cinza claro
Thruster 5	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Branco	Branco	Cinza claro
Thruster 6	5,2	3,3	2,3	2,1	0,8	Branco	Branco	Cinza claro
Thruster A	4,5	5,0	8,0	6,0	1,0	Branco	Branco	Preto
Thruster B	4,8	4,6	8,0	6,0	1,0	Branco	Branco	Cinza médio
Thruster C	4,6	4,8	8,0	6,0	1,0	Branco	Branco	Preto
Thruster D	4,5	4,0	8,0	6,0	1,0	Branco	Branco	Preto
Tubular Hold	13,0	17,0	8,3	5,5	0,8	Branco	Branco	Preto

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE C

**TABELA APÊNDICE C – ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS AMBIENTES**

Local	Descrição das Atividades	Func. diário (horas)	Fator de Manutenção		
			Ambiente	Período de Manutenção	Fator
A.C. Compressor AFT	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
A.C. Compressor Room	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Accumulator Room	Controle de Vasos de Pressão.	24	Normal	7.500	0,80
AFT SCR	Sala de painéis e transformadores.	24	Limpo	7.500	0,88
APV Room	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
Aux. Pump Room	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
BOP Room #1	Comando e controle de BOP.	24	Normal	7.500	0,80
BOP Room #2	Comando e controle de BOP.	24	Normal	7.500	0,80
Break cooling Room	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Cabin (1 until 90)	Dormitório	24	Limpo	5.000	0,91

Continua

Local	Descrição das Atividades	Func. diário (horas)	Fator de Manutenção		
			Ambiente	Período de Manutenção	Fator
Compressor Room	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
Drill Floor (equipment area)	Área dos equipamentos para perfuração. Manutenção rotineira de equipamentos.	24	Sujo	2.500	0,80
Drill Floor (platform)	Área de perfuração. Manutenção rotineira de equipamentos.	24	Sujo	2.500	0,80
Dryer	Manutenção rotineira de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Electrical Workshop	Escritório dos Eletricistas e local manutenção de equipamentos.	24	Limpo	7.500	0,88
Emergency Generator	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Normal	5.000	0,85
Engine Room 1	Manutenção e inspeção de equipamentos e geradores.	24	Sujo	5.000	0,66
Engine Room 2	Manutenção e inspeção de equipamentos e geradores.	24	Sujo	5.000	0,66
Engineers Workshop	Local manutenção de equipamentos e usinagem.	24	Limpo	7.500	0,88
Fire Pump Room	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
FWD Machinery Space	Manutenção e inspeção de motores elétricos.	24	Sujo	7.500	0,57
Heavy Store 1, 2 and 3	Depósito de material pesado.	24	Sujo	7.500	0,57

Continuação

Local	Descrição das Atividades	Func. diário (horas)	Fator de Manutenção		
			Ambiente	Período de Manutenção	Fator
Hydraulic Room	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
Mess Room	Refeitório	24	Limpo	2.500	0,95
MID SCR	Sala de painéis e transformadores.	24	Limpo	7.500	0,88
Mud Pits	Área dos poços de lama.	24	Sujo	7.500	0,57
Mud Pumps	Sala das bombas de lama.	24	Sujo	7.500	0,57
Mud Tank Room	Área dos tanques de lama.	24	Sujo	7.500	0,57
Office (1 until 10)	Escritório.	24	Limpo	7.500	0,88
PLC Room	Sala de painéis.	24	Limpo	7.500	0,88
Propulsion Room	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Reefer Plant	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Normal	7.500	0,80
Sack Store	Depósito de material.	24	Sujo	7.500	0,57
SCR FWD	Sala de painéis e transformadores.	24	Limpo	7.500	0,88
Shale Shaker	Área das peneiras. Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57

Conclusão

Local	Descrição das Atividades	Func. diário (horas)	Fator de Manutenção		
			Ambiente	Período de Manutenção	Fator
Thruster 1	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster 2	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster 3	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster 4	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster 5	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster 6	Manutenção esporádica de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster A	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster B	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster C	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Thruster D	Manutenção e controle de equipamentos.	24	Sujo	7.500	0,57
Tubular Hold	Armazenamento dos Risers.	24	Sujo	7.500	0,57

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE D

**TABELA APÊNDICE D – ESCOLHA DO NÍVEL DE ILUMINAMENTO (E)**

Local	Nível médio de Iluminamento (lux) - ABNT NBR IEC 61892-2
A.C. Compressor AFT	300
A.C. Compressor Room	300
Accumulator Room	300
AFT SCR	300
APV Room	300
Aux. Pump Room	200
BOP Room #1	300
BOP Room #2	300
Break cooling Room	300
Cabin (1 until 90)	100
Compressor Room	300
Drill Floor (equipment area)	300
Drill Floor (platform)	300
Dryer	300
Electrical Workshop	500
Emergency Generator	200
Engine Room 1	200
Engine Room 2	200
Engineers Workshop	500
Fire Pump Room	200
FWD Machinery Space	300
Heavy Store 1, 2 and 3	150
Hydraulic Room	300
Mess Room	300

Continua

Local	Nível médio de Iluminamento (lux) - ABNT NBR IEC 61892-2
MID SCR	300
Mud Pits	300
Mud Pumps	200
Mud Tank Room	300
Office (1 until 10)	500
PLC Room	300
Propulsion Room	300
Reefer Plant	300
Sack Store	150
SCR FWD	300
Shale Shaker	300
Thruster 1	300
Thruster 2	300
Thruster 3	300
Thruster 4	300
Thruster 5	300
Thruster 6	300
Thruster A	300
Thruster B	300
Thruster C	300
Thruster D	300
Tubular Hold	300

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE E

TABELA APÊNDICE E – ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

Local	Luminária				Lâmpada				Reator	
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
A.C. Compressor AFT	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
A.C. Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Accumulator Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
AFT SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
APV Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Aux. Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
BOP Room #1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
BOP Room #2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36

Continua

Local	Luminária				Lâmpada			Reator		
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
Break cooling Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Cabin (1 until 90)	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	-	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux FO32W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x32
Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Drill Floor (equipment area)	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Drill Floor (platform)	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	Ex II 2 GD Ex d e IIC	Multivap. Metálicos	Osram	HQI-T 400W/D PRO	Reator Lâmp. Descarga	OSRAM	PT-Fit
Dryer	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Electrical Workshop	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	-	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux FO32W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x32
Emergency Generator	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36

Continuação

Local	Luminária				Lâmpada			Reator		
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
Engine Room 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Engine Room 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Engineers Workshop	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Fire Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
FWD Machinery Space	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Heavy Store 1, 2 and 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Hydraulic Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Mess Room	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	-	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux FO32W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x32

Continuação

Local	Luminária				Lâmpada			Reator		
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
MID SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Mud Pits	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Mud Pumps	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Propulsion Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Reefer Plant	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Sack Store	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
SCR FWD	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Shale Shaker	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36

Continuação

Local	Luminária				Lâmpada			Reator		
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
Thruster 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster 4	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster 5	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster 6	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster A	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster B	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster C	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36
Thruster D	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	Ex eds IIC T4	Fluor. Tubular	Osram	Lumilux L36W/830	Reator Lamp. Fluor.	OSRAM	QTP8 2x36

Conclusão

Local	Luminária				Lâmpada			Reator		
	Equipamento	Fabricante	Modelo	Característica	Tipo	Fabricante	Modelo	Tipo	Fabricante	Modelo
Tubular Hold	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	Ex II 2 GD Ex d e IIC	Multivap. Metálicos	Osram	HQI-T 400W/D PRO	Reator Lâmp. Descarga	OSRAM	PT-Fit

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE F

**TABELA APÊNDICE F – DETERMINAÇÃO DO FLUXO DO LOCAL (K)**

<b>Local</b>	<b>C (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>A (m)</b>	<b>K</b>
A.C. Compressor AFT	14,00	7,00	1,90	2,456
A.C. Compressor Room	10,00	4,50	1,90	1,633
Accumulator Room	14,50	4,50	2,30	1,493
AFT SCR	18,00	16,00	2,20	3,850
APV Room	14,00	12,00	2,50	2,585
Aux. Pump Room	7,50	4,50	2,40	1,172
BOP Room #1	10,00	4,50	2,20	1,411
BOP Room #2	10,00	4,60	2,20	1,432
Break cooling Room	7,50	4,50	2,00	1,406
Cabin (1 until 90)	4,00	3,60	2,00	0,947
Compressor Room	26,00	4,60	2,10	1,861
Drill Floor (equipment area)	7,00	19,00	1,70	3,009
Drill Floor (platform)	18,00	19,00	5,20	1,778
Dryer	8,00	5,00	3,00	1,026
Electrical Workshop	10,00	4,00	1,35	2,116
Emergency Generator	8,00	6,00	1,80	1,905
Engine Room 1	15,00	11,00	1,80	3,526
Engine Room 2	15,00	11,00	1,80	3,526
Engineers Workshop	12,00	8,50	1,90	2,619
Fire Pump Room	7,50	4,50	2,50	1,125
FWD Machinery Space	12,00	12,00	2,70	2,222
Heavy Store 1, 2 and 3	42,00	5,00	1,50	2,979
Hydraulic Room	10,00	4,50	1,40	2,217
Mess Room	13,00	9,00	2,00	2,659

Continua

Local	C (m)	L (m)	A (m)	K
MID SCR	14,50	12,00	1,60	4,104
Mud Pits	25,00	15,00	2,20	4,261
Mud Pumps	20,00	17,00	2,90	3,169
Mud Tank Room	25,00	15,00	2,20	4,261
Office (1 until 10)	4,00	3,00	2,00	0,857
PLC Room	12,00	5,00	1,70	2,076
Propulsion Room	18,00	12,00	1,70	4,235
Reefer Plant	17,00	4,60	2,60	1,392
Sack Store	42,00	12,00	1,90	4,912
SCR FWD	7,00	5,60	2,20	1,414
Shale Shaker	20,00	9,00	1,70	3,651
Thruster 1	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster 2	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster 3	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster 4	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster 5	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster 6	3,30	5,20	1,30	1,553
Thruster A	5,00	4,50	5,00	0,474
Thruster B	4,60	4,80	5,00	0,470
Thruster C	4,80	4,60	5,00	0,470
Thruster D	4,00	4,50	5,00	0,424
Tubular Hold	17,00	13,00	4,70	1,567

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE G

TABELA APÊNDICE G – DETERMINAÇÃO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO (FU)

Local	Luminária			K	Índice de Reflexão			Fator de Utilização
	Equipamento	Fabricante	Modelo		Teto	Parede	Piso	
A.C. Compressor AFT	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,456	Valor definido pelo Fabricante			0,805
A.C. Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,633	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Accumulator Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,493	Valor definido pelo Fabricante			0,805
AFT SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,850	Valor definido pelo Fabricante			0,805
APV Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,585	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Aux. Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,172	Valor definido pelo Fabricante			0,805
BOP Room #1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,411	Valor definido pelo Fabricante			0,805
BOP Room #2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,432	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Break cooling Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,406	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Cabin (1 until 90)	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	0,947	70	50	10	0,36
Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,861	Valor definido pelo Fabricante			0,805

Continua

Local	Luminária			K	Índice de Reflexão			Fator de Utilização
	Equipamento	Fabricante	Modelo		Teto	Parede	Piso	
Drill Floor (equipment area)	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,009	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Drill Floor (platform)	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	1,778	Valor definido pelo Fabricante			0,493
Dryer	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,026	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Electrical Workshop	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	2,116	50	30	10	0,49
Emergency Generator	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,905	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Engine Room 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,526	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Engine Room 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,526	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Engineers Workshop	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,619	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Fire Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,125	Valor definido pelo Fabricante			0,805
FWD Machinery Space	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,222	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Heavy Store 1, 2 and 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,979	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Hydraulic Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,217	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Mess Room	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	2,659	70	50	30	0,62
MID SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	4,104	Valor definido pelo Fabricante			0,805

Continuação

Local	Luminária			K	Índice de Reflexão			Fator de Utilização
	Equipamento	Fabricante	Modelo		Teto	Parede	Piso	
Mud Pits	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	4,261	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Mud Pumps	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,169	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Mud Tank Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	4,261	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Office (1 until 10)	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	0,857	70	50	10	0,36
PLC Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	2,076	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Propulsion Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	4,235	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Reefer Plant	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,392	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Sack Store	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	4,912	Valor definido pelo Fabricante			0,805
SCR FWD	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,414	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Shale Shaker	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	3,651	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster 4	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805

Conclusão

Local	Luminária			K	Índice de Reflexão			Fator de Utilização
	Equipamento	Fabricante	Modelo		Teto	Parede	Piso	
Thruster 5	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster 6	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	1,553	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster A	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	0,474	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster B	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	0,470	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster C	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	0,470	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Thruster D	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	0,424	Valor definido pelo Fabricante			0,805
Tubular Hold	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	1,567	Valor definido pelo Fabricante			0,493

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE H

TABELA APÊNDICE H – QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS

Local	Equipamento	Fabricante	Modelo	E	A	n	Φn (lm)	U	FM	FFL	N	N final
A.C. Compressor AFT	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	98	2	3350	0,805	0,80	0,9	7,57	8
A.C. Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	45	2	3350	0,805	0,57	0,9	4,88	5
Accumulator Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	65,25	2	3350	0,805	0,80	0,9	5,04	6
AFT SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	288	2	3350	0,805	0,88	0,9	20,23	21
APV Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	168	2	3350	0,805	0,80	0,9	12,98	13
Aux. Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	33,75	2	3350	0,805	0,57	0,9	2,44	3
BOP Room #1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	45	2	3350	0,805	0,80	0,9	3,48	4
BOP Room #2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	46	2	3350	0,805	0,80	0,9	3,55	4
Break cooling Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	33,75	2	3350	0,805	0,57	0,9	3,66	4
Cabin (1 until 90)	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	100	14,4	2	2800	0,36	0,91	0,9	0,87	1
Compressor Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	119,6	2	3350	0,805	0,80	0,9	9,24	10
Drill Floor (equipment area)	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	133	2	3350	0,805	0,80	0,9	10,27	11
Drill Floor (platform)	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	300	342	1	35000	0,493	0,80	1	7,43	8

Continua

Local	Equipamento	Fabricante	Modelo	E	A	n	Φn (lm)	U	FM	FFL	N	N final
Dryer	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	40	2	3350	0,805	0,57	0,9	4,34	5
Electrical Workshop	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	500	40	2	2800	0,49	0,88	0,9	9,20	10
Emergency Generator	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	48	2	3350	0,805	0,85	0,9	2,33	3
Engine Room 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	165	2	3350	0,805	0,66	0,9	10,30	11
Engine Room 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	165	2	3350	0,805	0,66	0,9	10,30	11
Engineers Workshop	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	500	102	2	3350	0,805	0,88	0,9	11,94	12
Fire Pump Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	33,75	2	3350	0,805	0,80	0,9	1,74	2
FWD Machinery Space	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	144	2	3350	0,805	0,57	0,9	15,61	16
Heavy Store 1, 2 and 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	150	210	2	3350	0,805	0,57	0,9	11,38	12
Hydraulic Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	45	2	3350	0,805	0,80	0,9	3,48	4
Mess Room	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	300	117	2	2800	0,62	0,95	0,9	11,82	12
MID SCR	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	174	2	3350	0,805	0,88	0,9	12,22	13
Mud Pits	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	375	2	3350	0,805	0,57	0,9	40,66	41
Mud Pumps	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	200	340	2	3350	0,805	0,57	0,9	24,58	25
Mud Tank Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	375	2	3350	0,805	0,57	0,9	40,66	41

Continuação

Local	Equipamento	Fabricante	Modelo	E	A	n	Φn (lm)	U	FM	FFL	N	N final
Office (1 until 10)	Luminária Fluor. 2x32W	Philips	TCS 029 - 2XTLD 32W	500	12	2	2800	0,36	0,88	0,9	3,76	4
PLC Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	60	2	3350	0,805	0,88	0,9	4,21	5
Propulsion Room	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	216	2	3350	0,805	0,57	0,9	23,42	24
Reefer Plant	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	78,2	2	3350	0,805	0,80	0,9	6,04	7
Sack Store	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	150	504	2	3350	0,805	0,57	0,9	27,32	28
SCR FWD	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	39,2	2	3350	0,805	0,88	0,9	2,75	3
Shale Shaker	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	180	2	3350	0,805	0,57	0,9	19,52	20
Thruster 1	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster 2	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster 3	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster 4	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster 5	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster 6	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	17,16	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,86	2
Thruster A	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	22,5	2	3350	0,805	0,57	0,9	2,44	3
Thruster B	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	22,08	2	3350	0,805	0,57	0,9	2,39	3

Conclusão

Local	Equipamento	Fabricante	Modelo	E	A	n	$\Phi_n$ (lm)	U	FM	FFL	N	N final
Thruster C	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	22,08	2	3350	0,805	0,57	0,9	2,39	3
Thruster D	Luminária Fluor. 2x36W	Nutsteel	NA 96555	300	18	2	3350	0,805	0,57	0,9	1,95	2
Tubular Hold	Projetor 400W	Nutsteel	NE95159 SP	300	221	1	35000	0,493	0,57	1	6,74	7

Fonte: Elaboração própria.