



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GUSTAVO HENRIQUE DOS SANTOS TORRES

**PROJETO ELÉTRICO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM AMBIENTES DE MINERAÇÃO**

TUCURUÍ
2019

GUSTAVO HENRIQUE DOS SANTOS TORRES

**PROJETO ELÉTRICO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM AMBIENTES DE MINERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. MSc. Bernard Carvalho Bernardes

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

T693p Torres, Gustavo Henrique dos Santos
Projeto elétrico de uma usina de reciclagem de resíduos da
construção civil em ambientes de mineração / Gustavo Henrique
dos Santos Torres. — 2019.
115 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Bernard Carvalho Bernardes
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de
Engenharia Elétrica, Campus Universitário de Tucuruí,
Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019.

1. Usina de RCC. 2. SPE. 3. Projeto Elétrico. 4.
Luminotécnico. I. Título.

CDD 621.310981



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Projeto Elétrico de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil em Ambientes de Mineração

DISCENTE

Gustavo Henrique dos Santos Torres

MATRÍCULA

201433940044

BANCA EXAMINADORA

1. Prof. Me. Bernard Carvalho Bernardes – UFPA
2. Eng.º Kleber Fonseca Campos – Autônomo
3. Eng.º Geanderson Cutrim Soares – Solar Eco Energys

CONDIÇÃO

Orientador
Membro
Membro

Data da Defesa: 28/09/2019 Hora Início: 10:04h Hora do Término: 10:47h

Critérios	Nota dos Avaliadores		
	1	2	3
Trabalho escrito (Gramática, clareza, etc.)	9,8	9,8	9,9
Conteúdo técnico	10,0	10,0	10,0
Sequência lógica de apresentação	10,0	10,0	10,0
Administração do tempo	10,0	10,0	10,0
Capacidade de expressão oral	10,0	10,0	10,0
Domínio do tema	10,0	10,0	10,0
Média por avaliador	9,96	9,96	9,98
Média Final	9,97		
Conceito Final	EXCELENTE		

Tucuruí-Pará, 28/09/2019

Bernard Carvalho Bernardes
Orientador

Kleber Fonseca Campos
Membro

Geanderson Cutrim Soares
Membro

AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha se vence sozinho. No decorrer dessa luta algumas pessoas estiveram ao meu lado estimulando que eu buscasse a minha vitória e conquistasse meu objetivo e ao finalizar um ciclo é uma boa oportunidade de agradecer a todos que de alguma forma participaram dele, direta ou indiretamente.

Ao meu pai, Nazareno que contribuiu sem medir esforços para formação do meu caráter e fizeram de mim quem sou e pela força, perseverança paciência, e à minha família, agradeço todo o amor, carinho, compreensão e respeito.

Ao meu orientador Prof. MSc. Bernard Carvalho Bernardes, por ter me orientado e participado com atenção, me ajudando a conduzir este trabalho.

A todos da Gerencia de Implantação e Manutenção do Corredor Norte (GIMCN) da mineradora VALE que contribuíram de forma significativa para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço também aos engenheiros Romulo Mascarenhas (VALE), Silvio Hokama (SNC) e João Paulo Barros (VALE) e ao Projetista Heder Resende (IDG) pelas orientações durante o período de estágio e por tornarem possível a realização desse trabalho.

Aos meus amigos de curso, agradeço pela cumplicidade em todos os momentos difíceis, que não foram poucos durante esses 5 anos, ao contrário de Alexandre o Grande nós não dividimos... nós nos unimos para conquistar e CONQUISTAMOS.

A Atlética Predadores da Engenharia, agradeço por ter mudado a minha vida e me mostrado um mundo novo, foi como num adormecer que me envolvi em um sonho, o melhor dos sonhos, não por ser o maior ou o mais importante, mas por ser um sonho compartilhado com outras pessoas, com estranhos que rapidamente se tornaram amigos.

Aos consagrados, agradeço por se manterem ao meu lado e andarem comigo pela escuridão até que a luz aparecesse no final do túnel, agradeço por em diversos momentos serem a própria luz no final do túnel.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.
(Simone de Beauvoir)

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é a elaboração de um projeto técnico de instalações elétricas em baixa tensão, seguindo principal a norma brasileira NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão), também serão utilizados aspectos da NBR ISO/CE 8995-1 (Iluminação de ambientes de trabalho) para o projeto luminotécnico e o Sistema de Padronização de Engenharia VALE (SPE). O empreendimento de estudo desse trabalho é uma Usina de RCC que será implantada na Serra de Carajás. Com a grande demanda de obras de implantação e manutenção civil, ocorre a geração de grandes quantidades de resíduos minerais, desta forma, a Usina de RCC se apresenta como excelente alternativa para a reciclagem desses resíduos. A temática abordada aqui são as etapas da elaboração de um projeto elétrico, desde o projeto luminotécnico, passando pelo levantamento de carga, dimensionamento dos condutores e dos dispositivos de proteção, determinação dos detalhes de fixação dos equipamentos, indo até o dimensionamento do fornecimento de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Usina de RCC, SPE, Projeto Elétrico, Luminotécnico.

ABSTRACT

The main objective of this work is the elaboration of a technical project of low voltage electrical installations, following the Brazilian standard NBR 5410 (Low Voltage Electrical Installations), aspects of NBR ISO / CE 8995-1 (Lighting of environments for the lighting design and the VALE Engineering Standardization System (SPE)). The study project of this work is an RCC Plant that will be implemented in the Serra de Carajás. With the great demand for civil works and maintenance, the generation of large amounts of mineral waste occurs, so the RCC plant presents itself as an excellent alternative for the recycling of these wastes. The topics covered here are the stages of the elaboration of an electrical project, from the lighting design, through the lifting of load, dimensioning of the conductors and the protection devices, determination of the details of fixation of the equipment, going until the sizing of the energy supply power.

KEYWORDS: RCC plant, SPE, Electrical project, Lighting Technician.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Geração de Resíduos.....	15
Figura 2: Disposição e Destino de Resíduos.....	15
Figura 3 - Mapa da Floresta Nacional de Carajás	17
Figura 4: Planta de Situação.....	21
Figura 5: Layout da Usina de RCC	21
Figura 6: Usina Compacta KL 4825 - Com Triagem.....	22
Figura 7: Pré-peneiramento.....	23
Figura 8: Escalpe.....	24
Figura 9: Esteira de Triagem (Picking Station).....	25
Figura 10: Alimentador pulmão	26
Figura 11: Britador Estacionário Portátil modelo - LEM 4825	26
Figura 12: Peneira Vibratória modelo – WV 2080	27
Figura 13: MCD 300 CSM.....	28
Figura 14: Fluxo luminoso da luminária	35
Figura 15: Intensidade luminosa	36
Figura 16: Identificação dos Leitos/Eletrocalhas	40
Figura 17: Identificação das Peças dos Leitos/Eletrocalhas.....	40
Figura 18: Identificação dos Eletrodutos	41
Figura 19: Workspace Relux.....	53
Figura 20: Luminária LPT18.....	55
Figura 21: Detalhe de Fixação da Luminária Hermética	56
Figura 22: Luminária 3740.....	56
Figura 23: Luminária EOM S.....	57
Figura 24: Luminária High Bay	57
Figura 25: Luminária NASH S.....	58
Figura 26: Detalhe típico tomada STECK	61
Figura 27: Tomada STECK detalhe placa.....	62
Figura 28: Disjuntor com Icn de 10 kA.....	64
Figura 29: Método de referência para instalação aparente.....	64
Figura 30: Método de referência para instalação suspensa	65
Figura 31: Método de referência para instalação em suportes	65
Figura 32: RAMAL DE ENTRADA AÉREO EM CLASSE DE TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO 15 E 36,2 kV.....	66
Figura 33: <i>DIMENSIONAMENTO DE TRANSFORMADORES PARTICULARES</i>	66
Figura 34: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS DE BAIXA TENSÃO.....	68
Figura 35: DIMENSIONAMENTO DE ELOS FUSÍVEIS PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS	68
Figura 36: ESPECIFICAÇÃO RESUMIDA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diâmetros padronizados em milímetros (DN)	42
Tabela 2 - Iluminância média para cada ambiente	58
Tabela 3 - Comparação Resultados x Norma	59
Tabela 4 - Quantidade de lâmpadas por potencia	60
Tabela 5 - Potência de iluminação demandada.....	60
Tabela 6 - Quantidade de TUE's por potência	60
Tabela 7 - Potência de TUE's demandada total.....	61
Tabela 8 - Quantidade de TUE's por potência	62
Tabela 9 - Proteção dos painéis	63
Tabela 10 - Queda de tensão dos circuitos	65
Tabela 11 - Paineis de iluminação	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

R.C.C.	Resíduo de Construção Civil
R.C.D.	Resíduo de Construção e Demolição
MCD	Mini Central Dosadora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
Ton	Toneladas
DN	Diâmetro Nominal
V_{cc}	Tensão em Corrente Continua
V_{ca}	Tensão em Corrente Alternada
kV	Quilo Volt
BSP	British Standard Pipe
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surto

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Descrição do Problema	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Organização do Trabalho	18
2. USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.1. Layout RCC	21
2.2. Equipamentos	22
2.2.1. Pré-peneira Vibratória	23
2.2.2. Triagem	24
2.2.3. Alimentador Pulmão	25
2.2.4. Britador Estacionário Portátil	26
2.2.5. Peneira Vibratória	27
2.2.6. Central de Concreto	27
3. CÓDIGOS E NORMAS	28
4. CONCEITOS BÁSICOS	30
4.1. Grandezas Elétrica Fundamentais	30
4.1.1. Circuito Elétrico	30
5.1.2. Corrente Elétrica	30
5.1.3. Tensão Elétrica	31
5.1.4. Potência Elétrica	31
5.1.5. Fator de Potência	32
5.1.6. Dispositivos de Proteção	32
5.1.7. Corrente de Curto Circuito do Disjuntor	33
5.2. Luminotécnica	34
5.2.1. Conceitos Básicos	34
5.2.2. Fluxo Luminoso	35
5.2.3. Intensidade Luminosa	35
5.2.4. Luminância	36
5.2.5. Fator de Uniformidade Iluminância	36
5.2.6. Fator de Manutenção (ou Fator de Depreciação)	37
6. CRITÉRIO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS	37

6.1. SISTEMA DE PADRONIZAÇÃO DE ENGENHARIA	37
6.2. Suprimento de Energia Elétrica	37
6.2.1. Característica de Alimentação	37
6.2.2. Sistema de Iluminação e Tomadas	38
6.3. Leito para Cabos	38
6.4. Eletrocalhas.....	39
6.4.1. Identificação de Eletrocalhas/Leitos	39
6.4.2. Peças para Eletrocalhas/Leitos.....	40
6.5. Eletrodutos.....	41
6.5.1. Seleção	41
6.5.2. Padronização de Diâmetros	42
6.5.3. Instalação Aparente	42
6.6. Separação por Circuitos e por Níveis de Tensão.....	42
6.7. Eletrodutos Flexíveis na Instalação de Motores	43
6.8. CABOS ELÉTRICOS	43
6.8.1. Condução de Corrente	43
6.8.2. Queda de Tensão	44
6.8.3. Isolamento	46
6.8.3.1. Cloreto de polivinila (PVC).....	46
6.8.3.2. Polietileno reticulado (XLPE)	47
6.8.3.3. Borracha de etileno-propileno (EPR).....	48
6.8.4. Especificação dos Alimentadores de 13,8 kV e de 34,5 kV	48
6.8.5. Sistema de Iluminação.....	48
6.9. TOMADAS ELETRICAS.....	49
6.9.1. Tomadas para Uso Geral (Área Industrial)	49
6.10.2. Tomadas Prediais (Prédios Administrativos).....	49
6.11. ILUMINAÇÃO	50
6.11.1. Comando da Iluminação Viária	50
6.11.2. Prédios localizados na Área Industrial.....	51
6.11.3. Iluminação de Emergência	51
6.11.4. Critério para Instalação e Distribuição.....	51
7. Projeto Luminotécnico	52
7.1. Software de Simulação	52
7.1.2. Relux Desktop	53

7.2. Considerações Gerais	54
7.2.1. Fator de Uniformidade.....	54
7.2.2. Fator de Manutenção (FD).....	55
7.2.3. Lâmpadas e Luminárias	55
7.2.3.1. Luminária ITAIM modelo - LPT18.....	55
7.2.3.2. Luminária ITAIM modelo 3740	56
7.2.3.3. Luminária TECNOWATT F060213B	57
7.2.3.4. Luminária High Bay modelo HEGMC4K	57
7.2.3.5. Luminária TECNOWATT modelo TW400	58
7.3. Classificação dos Ambientes	58
7.4. Resultados	59
8. Projeto Elétrico	59
8.1. Levantamento de Carga	59
8.1.2. Iluminação.....	60
7.1.2. Tomadas	60
7.2. Dispositivos de Proteção	63
7.2.1. Disjuntores Termomagnéticos	63
7.2.2. Corrente de Curto Circuito	63
7.3. Dimensionamento dos Condutores	64
7.3.1. Condução de Corrente	64
7.3.2. Queda de Tensão	65
7.4. Suprimento de Energia	66
7.4.1. Fonte de Alimentação.....	66
7.4.2. Sistema de Distribuição de Força e Controle	69
7.4.3. Sistema de Iluminação.....	69
8. CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

O setor de construção civil é um dos setores mais importantes para a economia do Brasil (CBIC, 2015), sendo responsável pela geração de inúmeros empregos diretos e indiretos, a indústria da construção é de grande importância para assegurar a infraestrutura necessária ao crescimento e desenvolvimento de uma nação (PASCHOALIN FILHO et al, 2014). Porém, apesar dos impactos socioeconômicos positivos, a indústria da Construção Civil é responsável por um intensivo consumo de matérias-primas naturais, gerando uma grande quantidade de resíduos que, se não forem adequadamente descartados ou manejados, poderão causar sérios impactos ambientais (MELO, 2011).

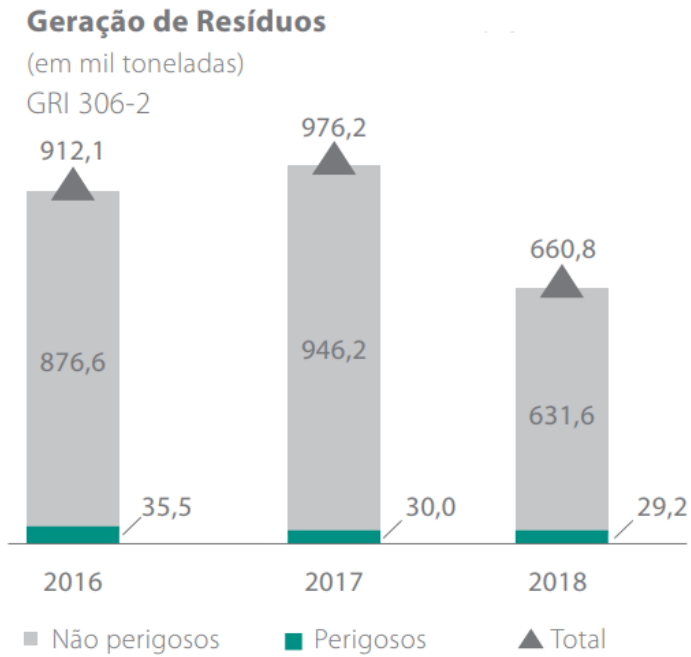
A construção civil impacta em cerca de 40 % da economia mundial e apresenta impacto ambiental proporcional, gerando grande volume de resíduos sólidos e alto consumo de matéria prima (ALMEIDA et al, 2015).

Espera-se que a construção civil, de modo gradativo, torne-se ambientalmente sustentável. Para isso, estão em discussão concepções antigas e contemporâneas do construir, reformar e demolir, sendo necessário o emprego de uma ética que retome a compreensão do ser humano como pertencente ao meio ambiente (MELO, 2011).

A utilização dos Resíduos da Construção Civil (RCC) como matéria prima para produção de agregados reciclados reemprega componentes mineralógicos, auxilia no melhor emprego dos recursos naturais e provoca a readaptação humana às necessidades de vivência na biota.

A VALE gerou em 2018 cerca de 661 mil toneladas de resíduos, sendo 96% de resíduos não perigosos e 4% de perigosos. Houve uma significativa redução em relação a 2017 (976 mil toneladas) devido à venda do negócio de fertilizantes (VALE).

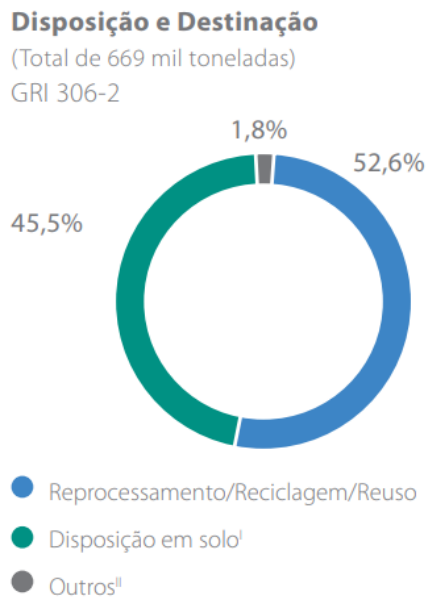
Figura 1: Geração de Resíduos



Fonte: Relatório de Sustentabilidade 2018 (VALE)

Em 2018, 53% dos resíduos totais gerados pela VALE foram destinados à reciclagem, incluindo pneus dos caminhões fora de estrada, correias transportadoras, madeiras e compostagem de resíduos orgânicos, entre outros resíduos (VALE).

Figura 2: Disposição e Destino de Resíduos



I. Aterro sanitário externo, aterro sanitário interno, disposição em pilha de estéril e subsolo.
II. Co-processamento, incineração e tratamento biológico.

Fonte: Relatório de Sustentabilidade 2018 (VALE)

Áreas de mineração, a exemplo das minas de Carajás demandam recursos naturais e geram resíduos. Esses ambientes são propícios ao emprego do RCC, visando o melhor retorno econômico, social e ambiental resultante da reciclagem, além de contribuir para a redução das extrações de agregados naturais.

Como é possível ver em detalhes no relatório de sustentabilidade, em 2018, a VALE incrementou algumas ações de sustentabilidade. Agora, diante das circunstâncias enfrentadas, a empresa está determinada a acelerar e aprofundar ainda mais essa busca constante por aperfeiçoamento, honrando o compromisso que a Vale sempre manteve com a transparência em sua gestão e nas suas operações: participando ativamente de iniciativas e associações que primam pela sustentabilidade nos negócios, pelo *compliance* nos procedimentos e pela clareza nas ações e relacionamentos.

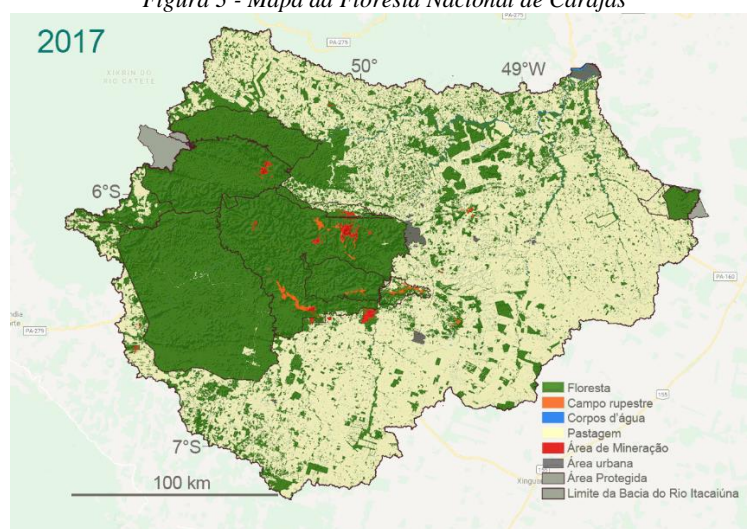
Por isso este trabalho abordará o projeto de uma usina de resíduos de construção civil, a usina em questão será instalada em Parauapebas para reciclar os resíduos gerados pelas obras empreendidas pela mineradora da região.

1.1. Descrição do Problema

A preocupação com as questões ambientais e as previsões de esgotamento de recursos naturais, matéria-prima da indústria da construção civil, apontadas diariamente pelos veículos de comunicação, provoca reflexões e questionamentos em toda a cadeia produtiva. O setor é sensibilizado e mobilizado a repensar todos os seus processos e meios de produção, surgindo, assim, várias iniciativas em direção a uma construção sustentável, que possibilite a sobrevivência das gerações futuras.

A VALE é uma empresa global sediada no Brasil com mais de 100 mil empregados, sendo a mineração o seu principal negócio, uma atividade essencial para a vida moderna.

Figura 3 - Mapa da Floresta Nacional de Carajás



Fonte: VALE.

Possuindo uma área de concessão abrangendo cerca de 411 mil hectares de mata da floresta de Carajás preservada e ocupando apenas 1,4% dessa área de floresta, a VALE tem como missão transformar recursos naturais em prosperidade e desenvolvimento sustentável, para ser a empresa de recursos naturais global número um em criação de valor de longo prazo, com excelência, paixão pelas pessoas e pelo planeta. Sendo o cuidado com o nosso planeta um dos valores gerados pela empresa, a VALE enxerga na usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil uma alternativa para solucionar o problema de descartes das 200ton/mês geradas em obras civis de implantação e manutenção, no site de Carajás.

Desta forma este trabalho se propõem a contribuir para o desenvolvimento do projeto da Usina de RCC, e auxiliar nos trabalhos futuros tais como gestão de projeto, planejamento e operação.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um projeto elétrico elaborado para a implementação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil. Durante o desenvolvimento deste projeto o trabalho visa mostrar a organização e funcionamento de uma usina de RCC e como ela pode ser uma solução para os resíduos minerais gerados pelas obras de implantação em áreas de mineração, usando o site da mina de ferro de Carajás como projeto modelo.

O trabalho apresenta as principais normas regulamentadoras que devem ser usadas como base para os dimensionamentos realizados durante a elaboração de projetos elétricos, e os critérios definidos pelo sistema de padronização de engenharia da VALE, mostrando como

apesar de se basear nas normas regulamentadoras o SPE possui critérios mais exigente visando a saúde e segurança em empreendimentos da VALE.

Apresentar as etapas dos dimensionamentos realizados durante a elaboração do projeto e seus resultados. Como a luminotécnica é uma etapa crucial de um projeto elétrico, o trabalho demonstra como softwares de simulação são ótimas alternativas para otimizar o tempo gasto e maximizar o rendimento com resultados satisfatórios.

1.3. Organização do Trabalho

Este trabalho possui oito capítulos, sendo que o primeiro capítulo possui informações referentes à introdução, considerações sobre o tema e problemas que foram abordados, assim como o objetivo.

O segundo capítulo apresenta uma abordagem sobre as Usinas de RCC com conceitos básicos, apresenta também a usina escolhida para ser implantada neste projeto com sua linha de equipamentos e processo produtivo.

O terceiro capítulo apresenta os códigos e normas que são utilizados como diretrizes na elaboração de projetos elétricos.

O quarto capítulo apresenta o embasamento teórico, que abrange conceitos básicos de eletricidade e projetos luminotécnicos.

O capítulo cinco descreve os critérios de elaboração de projetos elétricos determinados pelo sistema de padronização de engenharia SPE. Nos casos em que o SPE utiliza os critérios normativos, esses critérios são apresentados e comentados para melhor entendimento dos passos seguidos nos capítulos seguintes.

O sexto capítulo aborda o desenvolvimento do projeto luminotécnico, apresentando softwares de simulação como uma alternativa eficaz para a execução de cálculos e simulação do ambiente objeto do projeto.

Informações referentes aos resultados obtidos com o dimensionamento elétrico e projeto em si são relatados no sétimo capítulo, assim como as características de alimentação que foram adotadas para o novo empreendimento. Não deixando de contemplar neste capítulo as dificuldades encontradas.

Logo, no capítulo oito foram abordadas considerações conclusivas em relação a este trabalho. Um apanhado geral dos momentos relatados aqui na elaboração do projeto. Ainda, com sugestões de trabalhos futuros que possam vir a enriquecer este empreendimento.

2. USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Na Europa, os RCC são definidos como todo resíduo que surge da construção, renovação e demolição, incluindo-se os materiais excedentes, os produtos danificados e materiais decorrentes da execução da construção ou da utilização temporária das atividades locais de construção, bem como os 44 tipos listados no capítulo 17 do Código de Resíduos Europeu, dos quais 16 têm sido classificados como resíduos perigosos.

No Reino Unido, a Agência Ambiental entende que o resíduo utilizado como agregado só o deixa de ser quando incorporado a uma estrutura, como estrada ou construção, sendo definido como qualquer substância ou objeto que o gerador se desfaz, pretende ou é obrigado a se desfazer. Portanto, considera-se ele que continuará a ser resíduo até o momento que tenha sido totalmente recuperado, não representando uma ameaça ao homem ou ao meio ambiente, cabendo ao gerador a determinação da condição de resíduo ou não (WRAP, 2005).

Na Espanha, o Plano Nacional Integrado de Resíduos define que RCC é qualquer substância ou objeto que cumpre a definição de resíduo³ que seja gerado em obra de construção e demolição. O conceito abrange as atividades de construção, reparo, reforma e demolição de um bem imóvel, tal como edifícios, portos, aeroportos, canais, represas, estradas, instalações desportivas e ociosas ou outro análogo à engenharia civil (ESPAÑA, 2009).

No Brasil, as Resoluções nº 307/2002/CONAMA e nº 348/2004/CONAMA definem RCC como o proveniente de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Nelas, o gerador é toda pessoa física ou jurídica, pública ou privada, responsável por atividades ou empreendimentos que gerem os RCC, sendo de sua responsabilidade a segregação por classe do resíduo.

Segundo dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos os RCC representam de 50 a 70 % da massa de resíduos sólidos urbanos. (BRASIL, 2010) Entre os fatores que influenciam na geração dos RCC estão: falhas de projeto; a não compatibilização de projetos; a escolha da tecnologia; a falta de procedimentos padronizados de serviços e o armazenamento e transporte inadequados de materiais no canteiro. Os tipos de RCC mais gerados são argamassa, concreto, aço, blocos, cerâmica, gesso e madeira.

A ABNT NBR 15114:2004 estabelece critérios para o projeto, implantação e operação de Áreas de reciclagem de RCC (classe A). O primeiro critério para implantação dessas áreas está relacionado a sua localização. O local a ser utilizado deve obedecer a requisitos mínimos:

I - O impacto ambiental causado pela da área de reciclagem deve ser minimizado;

II – A população deve aceitar a instalação da área;

III – A área deve estar em conformidade com a legislação de uso do solo e com a legislação ambiental;

Para que todos os requisitos sejam devidamente cumpridos, deve haver uma avaliação de adequabilidade do local, de acordo com aspectos relacionados a hidrologia, vegetação e vias de acesso ao local.

Outro critério que é estabelecido pela norma, é que a área deve ser corretamente isolada e sinalizada. Para o cumprimento desse critério a área deve possuir cercamento em todo o perímetro, de forma a impedir o acesso de pessoas não autorizadas e animais às áreas de operação. No ponto de acesso ao local, deve haver um portão, onde seja estabelecido um controle da movimentação de pessoas. Além disso, deve haver sinalização em todo o entorno da área, incluindo as cercas e portões de acesso, identificando o empreendimento, e por fim, mecanismos que garantam a proteção à vizinhança, ventos dominantes e estética.

A baixa percepção dos riscos oferecidos pela disposição irregular do RCC contribui negativamente para a qualidade de vida urbana, possibilita acidentes, contaminações e favorece a proliferação de vetores ativos ou passivos de agentes infecciosos (MELO e FERNANDES, 2010).

A elevada possibilidade de inserção do RCC, através do reuso ou da reciclagem, permite estabelecer que a construção civil deva ser uma atividade menos agressiva ao ambiente. Isso é indispensável devido à expectativa de crescimento dessa indústria em face do desenvolvimento dos centros urbanos, bem como à garantia das condições de igualdade de acesso a construções compatíveis com as necessidades das próximas gerações.

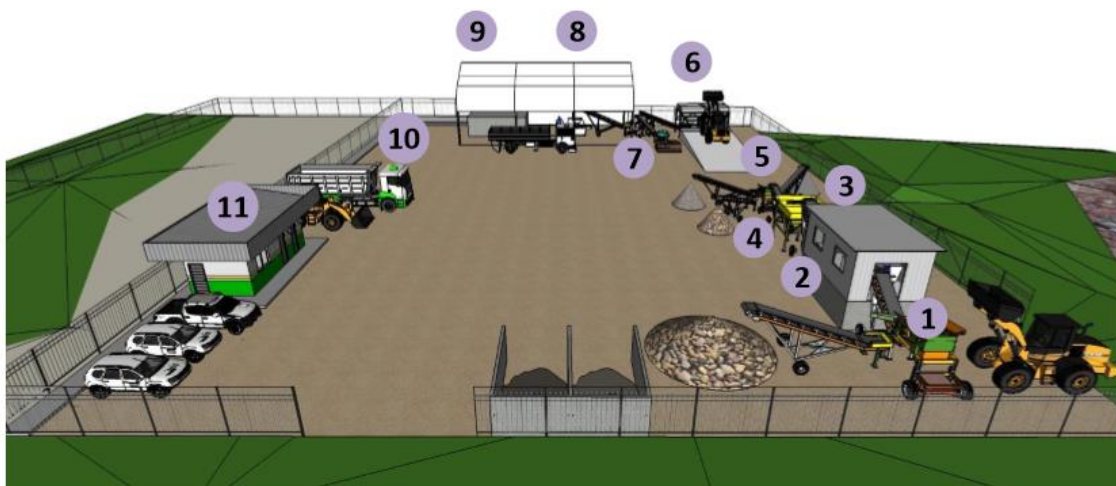
2.1. Layout RCC

Figura 4: Planta de Situação



Fonte: Próprio autor

Figura 5: Layout da Usina de RCC



- | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 PRE-PENEIRAMENTO | 5 CLASSIFICAÇÃO | 9 ARMAZENAMENTO |
| 2 TRIAGEM | 6 CENTRAL CONCRETO | 10 FUTURAS AMPLIAÇÕES |
| 3 ALIMENTADOR PULMÃO | 7 RASGA SACO | 11 ADMINISTRAÇÃO |
| 4 BRITADOR | 8 FABRICA DE BLOCOS | |

Fonte: Próprio autor

A Usina de RCC possui o layout apresentado na figura 4, o item (1) é o início da triagem, onde é retirado todo o material fino; o item (2) é a última etapa da triagem onde cooperados retiram os materiais não trituráveis. Após a etapa de triagem, a matéria-prima é transportada, então, pela esteira até o alimentador pulmão (3), que direciona a matéria-prima ao britador (4). O material resultante do britador é direcionado para a classificação (5), onde os diferentes produtos, como pedrisco, pedra 1, pedra 2 e rachão são separados.

A bica corrida, produto da britagem, pode ser diretamente utilizada ou passar pelo processo de peneiramento que resultará na classificação (5) do material.

Após o beneficiamento a matéria-prima é conduzida por pás carregadeiras até a central de concreto (6), que possui um rasga saco (7) adicionado ao módulo para auxiliar na mistura do material que será usado na fábrica de blocos (8). Após a fabricação os blocos serão estocados no galpão de armazenamento (09), ao lado do galpão será reservada uma área para futuras ampliações (10).

2.2. Equipamentos

Para a etapa de beneficiamento foi escolhida a Usina Compacta KL 4825 - Com Triagem da Máquina Solo, com um conceito modular e compacto para transformação de Resíduos da Construção Civil e Demolição em agregado reciclado. Uma solução totalmente modulável atendendo às necessidades apresentadas em projeto.

Figura 6: Usina Compacta KL 4825 - Com Triagem



Fonte: Catálogo MAQUINA SOLO

2.2.1. Pré-peneira Vibratória

Figura 7: Pré-peneiramento



1 PRÉ-PENEIRAMENTO

Fonte: Próprio autor

No início do processo uma pá carregadeira inicia a operação de basculamento do material e os deposita na pré-peneira vibratória como mostra a figura 6, utilizado no início do processo de reciclagem do RCD, o escalpe (figura 7) é aplicado para tirar toda fração de material fino, como areia e terra. Desta forma, facilita a triagem, reduz o desgaste das mandíbulas do britador e melhora a eficiência de britagem e peneiramento final do agregado.

Figura 8: Escalpe



Fonte: Catálogo KOMPLET

2.2.2. Triagem

Antes da entrada do entulho no britador estacionário, a estação de triagem – picking station - serve para coletar materiais recicláveis como papel, alumínio, vidro, plástico, papelão e também retirar algumas impurezas indesejáveis para manter a boa qualidade do agregado reciclado, como madeira, gesso, tecidos, etc.

A Figura 8 mostra a mesa de catação e/ou triagem em estrutura metálica com esteira de 1m de largura, 6 m de comprimento, 6 posições para 6 catadores, passadiço bilateral de 0,8 m, o cubículo terá pé direito de 4 m, estrutura de apoio em vigas metálicas, telhado em folhas de zinco e escada para acesso à esteira com guarda-corpo.

Figura 9: Esteira de Triagem (Picking Station)



Fonte: Catálogo KOMPLET

2.2.3. Alimentador Pulmão

O alimentador pulmão é o dosador de alimentação do britador que recebe o material por esteira, com velocidade controlada de acordo com a necessidade da produção para prevenção de interrupções.

Figura 10: Alimentador pulmão



Fonte: Catálogo KOMPLET

2.2.4. Britador Estacionário Portátil

Após o pré-peneiramento e a triagem do RCD, o entulho é direcionado ao britador estacionário que recebe o material por esteira em seu alimentador. O material gerado pelo britador é conhecido como bica corrida, que nada mais é do que o conjunto de pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, sem graduação definida, obtido diretamente do britador, produto da britagem, pode ser diretamente utilizada ou passar pelo processo de peneiramento que resultará na classificação do material.

Figura 11: Britador Estacionário Portátil modelo - LEM 4825



Fonte: Catálogo KOMPLET

2.2.5. Peneira Vibratória

Como último estágio do processo de refinamento, a peneira vibratória com até 02 decks poderá ser utilizada para se obter um agregado classificado e de maior qualidade. A partir da bica corrida produzida pelo britador, é possível obter diferentes produtos, como pedrisco, pedra 1, pedra 2 e rachão.

Figura 12: Peneira Vibratória modelo – WV 2080



Fonte: Catálogo KOMPLET

2.2.6. Central de Concreto

Para a concepção do projeto foi escolhida a Central de Concreto para fábrica de blocos da fabricante CSM modelo MCD 300 por possuírem diferenciais que proporcionam agilidade e praticidade na operação, resultando em um alto rendimento e qualidade em todo o processo produtivo, atende as necessidades exclusivas com projetos sob medida.

Figura 13: MCD 300 CSM



Fonte: Catálogo CSM

A Figura 12 mostra a Mini Central Dosadora MCD 300 CSM, ela é compacta, porém completa, pois possui todos os equipamentos necessários para o funcionamento incorporados em uma única estrutura monobloco, com exceção do silo rasga saco e alimentação de cimento que são montados à parte. Por essas características, necessita de pouca obra civil, ou seja, apenas uma pequena rampa para facilitar o abastecimento dos agregados.

A MCD irá possuir um painel elétrico com comando automático e manual e potência instalada de aproximadamente 27kW e terá os seguintes componentes:

- 2 cubas de 5m³ para agregados;
- 2 cubas de 3m² para agregados;
- Esteira dosadora 20” com sistema de pesagem;
- Misturador planetário de 300 litros;
- Balança dosadora para cimento c/ cap. de 200kg;
- Silo rasga saco (adicional);
- Dosador de água volumétrico;
- Dosador de aditivos volumétrico;
- Compressor de ar 20 PCM.

3. CÓDIGOS E NORMAS

Na realização de um projeto de instalações elétricas é de suma importância consulta das normas técnicas atuais que regem este tipo de projeto. Dentre estas normas estão as normas da

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em especial a NBR 5410, as resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e especificamente no estado do Pará as Normas Técnicas de Distribuição (NTD's) da Centrais Elétricas do Pará (CELPA).

Os códigos e normas relacionados abaixo foram utilizados na elaboração deste projeto ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele. Sendo utilizados na sua revisão mais recente.

- NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- NR-10 – 2004 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NBR ISO/CE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho;
- NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais; Regulamentos da concessionária de energia local, Companhia energética do Rio Grande do Norte (COSERN);
- CP-E-501-Rev 13 – VALE – Sistema de Padronização de Engenharia (SPE) – Critérios de Projeto de Elétrica;
- DIN EN 12464-2 – 2007 – *Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places*;
- NBR 14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão 1kV a 36,2 kV;
- NBR 7286 - Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho;
- NBR 7288 - Cabos de potência com isolamento sólida extrudada de cloreto de polivinila (PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1 kV a 6 kV – Especificação;
- NBR NM 280 – Condutores e cabos isolados;
- NBR IEC 60309-1 - Plugues, tomadas e acopladores para uso industrial Parte 1: Requisitos gerais;
- NBR NM 213-1 Segurança de máquinas - Conceitos fundamentais, princípios gerais de projeto Parte 1: Terminologia básica e metodologia;
- NBR NM 213-2 Segurança de máquinas - Conceitos fundamentais, princípios gerais de projeto Parte 2: Princípios técnicos e especificações;
- ISO – International Organization for Standardization.

4. CONCEITOS BÁSICOS

Este capítulo tem como objetivo principal reunir alguns dos fundamentos e definições necessários para o entendimento de projetos elétricos e luminotécnicos. Este capítulo também irá apresentar os critérios definidos pelo Sistema de Padronização de Engenharia da Vale para elaboração de projetos.

4.1. Grandezas Elétrica Fundamentais

4.1.1. Circuito Elétrico

Cavalin e Cervelin (2006) define o circuito de uma instalação elétrica como sendo o conjunto de elementos da própria instalação, incluindo condutores e demais equipamentos a ele ligados, alimentados pela mesma fonte de tensão e ligados ao mesmo dispositivo de proteção. Tal característica de proteção é a principal, já que protege os condutores de sobrecorrentes, que pode ser garantida por dois ou apenas um dispositivo, guardando de correntes de sobrecarga e de curto-circuito.

Em uma instalação, existem dois tipos de circuitos: os de distribuição e os terminais. O circuito de distribuição é o circuito que alimenta, com energia elétrica, um ou mais quadros de distribuição. Já os circuitos terminais são aqueles que vêm do quadro de distribuição e são ligados diretamente às lâmpadas e tomadas, de uso geral ou específico (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

5.1.2. Corrente Elétrica

Para Creder (2007) corrente elétrica é o deslocamento de cargas dentro de um condutor quando existe uma diferença de potencial (ddp) entre suas extremidades. De acordo com Cavalin e Cervelin (2006), corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons livres no interior de um condutor elétrico sob a influência de uma fonte de tensão elétrica.

A corrente elétrica é definida pela letra "I" e sua unidade de medida é o Ampère (A), que representa o fluxo de carga elétrica (C) por unidade de tempo (s) em determinado condutor. Assim a corrente elétrica só poderá ser vista em um circuito fechado.

5.1.3. Tensão Elétrica

Cavalin e Cervelin (2006) conceituam tensão elétrica como a força exercida nos extremos do circuito, para movimentar de forma ordenada os elétrons livres.

Para haver corrente elétrica, é preciso que haja diferença de potencial e um condutor de circuito fechado. Se esse circuito estiver aberto, veremos apenas a diferença de potencial elétrico, mas não a corrente (CREDER, 2007).

A diferença de potência é denominada pela letra "U" ou "E", sendo o trabalho realizado contra as forças elétricas ao se deslocar uma carga de dois pontos. A unidade de medida é o Volt (V), que é a relação de trabalho sobre carga, ou seja, Joule por Coulomb.

5.1.4. Potência Elétrica

Segundo Creder (2007), "a energia aplicada por segundo chamamos de potência. Em eletricidade, a potência é o produto da tensão pela corrente". Para fins práticos, têm-se a equação 1.

$$P = V \times I \quad (1)$$

Na qual "P" é a potência aparente (VA), "U" é a tensão elétrica em volt (V) e "I" a corrente elétrica em ampère (A).

Em circuitos de corrente alternada, existem três tipos de potência: ativa, reativa e aparente. A potência reativa, cuja unidade é o VAR, é aquela que foi transformada em campo magnético, já a potência ativa é aquela que é transformada em trabalho mecânico, térmico ou energia luminosa, sua unidade de medida é o Watt (W). A potência aparente é a soma vetorial destas duas grandezas que por serem compostas por corrente e tensão, variam de acordo com o ângulo entre as duas grandezas.

Em uma instalação residencial deve existir a potência de alimentação, que corresponde ao máximo de potência solicitada da instalação em um período de 24 horas. Para tanto, deve-se calcular as potências nominais de todos os equipamentos que serão utilizados no ambiente, bem como o fator de potência (a ser definido a seguir) de cada ponto de utilização previsto.

5.1.5. Fator de Potência

Cavalin e Cervelin (2006) define o fator de potência como sendo a porcentagem de energia elétrica realmente utilizada, ou seja, a quantidade da energia aparente requerida da concessionária que está convertida em potência ativa.

O fator de potência é o cosseno do ângulo de defasagem existente entre a tensão e a corrente, que, teoricamente, pode variar entre 0 e 1. O valor 0, indica um circuito puramente indutivo e valor 1, um circuito puramente resistivo. Vale salientar que é impraticável um circuito ser puramente indutivo, já que é impossível um fio não oferecer nenhuma resistência (CREDER, 2007).

5.1.6. Dispositivos de Proteção

Os condutores e equipamentos que pertencem a um circuito elétrico devem ser protegidos contra sobrecargas na rede ou/e curtos circuitos. Os dispositivos podem ser classificados de acordo com o destino a qual eles protegem:

- Dispositivos que protejam apenas contra curtos-circuitos (disjuntores eletromagnéticos e fusíveis);
- Dispositivos que assegurem apenas contra sobrecargas (disjuntores térmicos e reles térmicos);
- Dispositivos de proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas (disjuntores com proteção térmica e eletromagnética).

Nas instalações brasileiras é muito comum o uso de dois tipos de dispositivos para a segurança, sendo o primeiro o disjuntor e o segundo um dispositivo DR (Diferencial Residual).

Os disjuntores são dispositivos que podem interromper correntes normais e anormais, seccionar o circuito e proteger o mesmo. Lembrando que os disjuntores podem proteger contra curtos circuitos e/ou sobrecargas. Curto circuito pode ser definido como uma corrente muito alta e de curto período, e sobrecarga é uma corrente acima da corrente projetada, mas de longa duração que pode danificar as instalações.

O DR é um dispositivo de proteção utilizado em instalações elétricas, permitindo desligar um circuito sempre que seja detectada uma corrente de fuga superior ao valor nominal. A corrente de fuga é avaliada pela soma algébrica dos valores instantâneos das correntes nos condutores. Os DR's são muito sensíveis com percepção de fuga de corrente na casa dos miliamperes, correntes acima de 30mA (30 miliamperes) já podem causar danos à saúde.

5.1.7. Corrente de Curto Circuito do Disjuntor

Para elaboração do projeto elétrico, dimensionamento e coordenação de seus elementos é necessário o conhecimento das correntes de curto circuito nos pontos da instalação. As correntes de curto circuitos são de valores elevados e duram frações de segundos, sua causa mais comum é a perda da isolação do elemento energizado de sistema elétrico.

A corrente de curto circuito situa-se entre 10 e 100 vezes a corrente nominal, porem os danos provocados pela corrente de curto circuito podem ficar limitados a atuação correta dos elementos de proteção. As correntes de curto circuito não dependem da carga do circuito, mas sim das características do sistema elétrico de distribuição, estas características devem ser fornecidas pela empresa concessionaria de energia.

Se considerarmos que a potência de curto circuito seja infinita, então a corrente de curto circuito do sistema será limitada apenas pela impedância do transformador, portanto para calcularmos a corrente de curto circuito da saída do transformador basta pegar a corrente nominal do transformador e dividir pela impedância percentual do transformador, como mostra a equação 2.

$$I_{CC} = \frac{I_n}{Z\%} \quad (2)$$

Onde

I_{CC} = corrente de curto circuito;

I_n = corrente nominal;

Z% = impedância percentual.

A ABNT na NBR 5356 estabelece que os valores típicos para impedância percentual de transformadores seja:

- 4% até 630kVA;
- 5% entre 630kVA até 1000kVA.

A corrente nominal do transformador pode ser calculada a partir da potência nominal e da tensão nominal do transformador.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_{ff}} \quad (3)$$

Onde

I_n = corrente nominal;

S = potência nominal do transformador;

V_{ff} = tensão entre fase e fase.

Este cálculo nos fornecerá uma corrente de curto circuito estimada em vista das considerações que fizemos, a corrente de curto circuito real será menor devido as impedâncias existentes entre o transformador e um possível ponto de curto circuito na instalação elétrica que contribuirá para a redução desta corrente de curto.

5.2. Luminotécnica

5.2.1. Conceitos Básicos

Uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente que permite que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas.

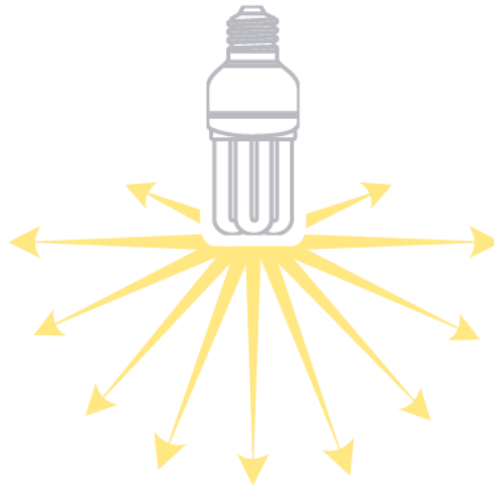
Uma boa iluminação requer igual atenção para a quantidade e qualidade da iluminação. Embora seja necessária a provisão de uma iluminância suficiente em uma tarefa, em muitos exemplos a visibilidade depende da maneira na qual a luz é fornecida, das características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema. Os parâmetros para criar as condições visuais confortáveis estão propostos no corpo do trabalho e os valores utilizados foram considerados a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho.

Existem também parâmetros ergonômicos visuais tais como a capacidade de percepção e as características e atributos da tarefa, que determinam a qualidade das habilidades visuais do usuário, e conseqüentemente os níveis de desempenho. Em alguns casos a otimização destes fatores de influência pode melhorar o desempenho sem ser necessário aumentar os níveis de iluminância. Por exemplo, pela melhora do contraste na tarefa, ampliando a visualização de própria tarefa através do uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos) e pela provisão de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local direcional.

5.2.2. Fluxo Luminoso

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda visíveis. Em outras palavras, é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. É a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções (SILVA, 2006).

Figura 14: Fluxo luminoso da luminária



Fonte: <http://www.empalux.com.br/?a1=h&a2=d&id=14>

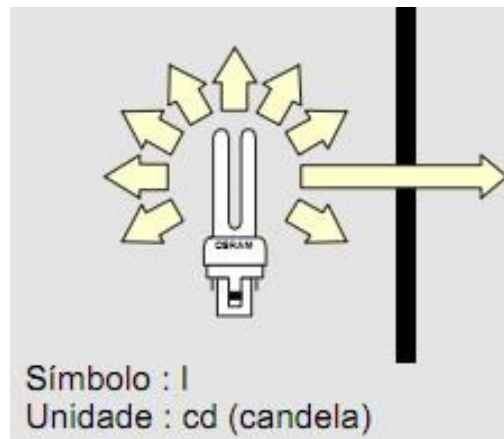
5.2.3. Intensidade Luminosa

Quando a fonte luminosa é isotrópica e irradia a luz uniformemente em todas as direções, o que significa que a irradiação ocorre igualmente em todas as direções, o fluxo luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, seja pelas características construtivas das lâmpadas e luminárias ou pelas características do ambiente iluminado que apresentam obstáculos as ondas eletromagnéticas que compõem a luz, causando fenômenos como a reflexão e difração.

Por esta razão, é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa. Portanto, é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (SILVA, 2006).

Seu símbolo é I , sua unidade é candela [cd].

Figura 15: Intensidade luminosa



Fonte: Osram (2000)

5.2.4. Luminância

É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando a um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância, ou ainda, entre o fluxo luminoso e a área da superfície. A luminância indica a quantidade de luz que atinge uma superfície por unidade de área (SILVA, 2006).

O conceito de iluminância é de extrema importância, pois de acordo com a atividade desempenhada, um valor de iluminância é especificado como sendo a iluminação necessária para o bom desempenho dessa atividade. Um projeto luminotécnico possui como primeira etapa a determinação do valor da iluminância a ser atingido. No Brasil, estão definidos na NBR 8994, os valores de iluminâncias médias mínimas para iluminação de ambientes de trabalho.

Seu símbolo é E (Em para a iluminância média), sua unidade é lux [lx].

5.2.5. Fator de Uniformidade Iluminância

O fator de uniformidade é uma relação entre a iluminância mínima e a média de uma determinada área. Resulta em um valor adimensional variando entre zero e a unidade, que indica como está a distribuição da luminosidade na superfície aferida.

Este parâmetro indica o quão uniforme está a distribuição da iluminação no plano de trabalho, a fim de evitar problemas de fadiga visual e gerar uma sensação de bem-estar interior. Para Osram (2000, p. 33): “quanto menor a uniformidade nesta distribuição, maiores os esforços de adaptação do olho em função de pontos mais e menos iluminados. Estes esforços levam a um cansaço visual e uma queda consequente da produtividade do trabalho”.

5.2.6. Fator de Manutenção (ou Fator de Depreciação)

Todo o sistema de iluminação tem, após sua instalação, uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo dos números de luminárias. Este fator evita que o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado (OSRAN, p. 22).

6. CRITÉRIO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS

6.1. SISTEMA DE PADRONIZAÇÃO DE ENGENHARIA

O SPE estabelece os critérios técnicos de saúde e segurança (S&S) que deverão ser aplicados em empreendimentos da Vale de forma a minimizar o risco de acidentes, quase acidentes e agentes ocupacionais que possam vir a causar lesões às pessoas, danos ao patrimônio, impactos ambientais ou à comunidade.

Apesar da rigorosidade dos critérios estabelecidos visando a maior segurança, tanto nas obras de implantação quanto na operação das instalações é importante esclarecer que os requisitos legais têm sempre prevalência sobre os requisitos constantes no SPE, com exceção de situações em que estes sejam mais restritivos.

6.2. Suprimento de Energia Elétrica

O suprimento de energia elétrica deverá ser feito via subestação principal e linha de transmissão proveniente da concessionária de energia elétrica, em nível de tensão compatível com a demanda do projeto e disponibilidade de fornecimento da concessionária.

6.2.1. Característica de Alimentação

A equipe de projeto deverá envolver a diretoria de energia da Vale nas definições de estratégia de fornecimento de energia elétrica do empreendimento conforme Manual de Energia para Projetos de Capital - MA-G-646.

Segundo a Norma Brasileira 5410 devem ser determinadas as seguintes características com relação ao fornecimento de energia:

- Natureza da corrente e frequência;
- Valor da tensão nominal;
- Possibilidade de atendimento dos requisitos da instalação, incluindo demanda de potência (Potência de alimentação).

Os dados acima devem ser obtidos junto a REDEL (Departamento de Redes e Linhas), responsável pelo gerenciamento da distribuição de energia no site de Carajás.

- Natureza da corrente e frequência: corrente do tipo alternada com frequência de 60 hertz;

Valor da tensão nominal: tensão nominal para fornecimento em baixa tensão de 220 volts para circuitos monofásicos e 380 volts para circuito trifásicos, nos casos de media tensão a tensão nominal é de 13,8 kV;

6.2.2. Sistema de Iluminação e Tomadas

Em áreas industriais e de apoio a distribuição deverá ser em 380/220 V (trifásica + neutro), e frequência de 60 Hz. Os circuitos para iluminação, tomadas e resistências de aquecimento de painéis deverão ser monofásicos em 220 V (fase + neutro + terra).

6.3. Leito para Cabos

Os leitos para cabos poderão ser do tipo semipesado, com abas externas, fabricados em aço e galvanizados a fogo, possuindo longarinas em chapa de #12, comprimento 3 m, altura 100 mm, largura da aba 19 mm, travessas de 38 x 19 mm em chapa #14, espaçadas de 250 mm, nas larguras padronizadas de 200, 400, 600 e 800 mm e curvas com raio de 520 mm.

O carregamento máximo deverá ser de 100 kgf/m e o espaçamento máximo entre suportes, de 3 m. Outros materiais tais como fibra de vidro, material sintético, aço leve ou aço galvanizado eletroliticamente, bem como outras dimensões, poderão ser utilizados, devidamente justificados conforme definição do projeto e tipo de aplicação.

Os leitos para cabos deverão ser providos de tampas removíveis quando houver probabilidade de derramamento de líquidos ou sólidos e/ou exposição direta à luz solar. As tampas dos leitos deverão ser de aço, tipo “duas águas”, para os trechos horizontais, e ser planas, nos lances verticais.

Leitos distintos deverão ser usados para:

- Cabos de média tensão em 13,8 kV e 34,5 kV;

- Cabos de média tensão em 4,16 kV;
- Cabos de força de 480 V e cabos de iluminação e de força para uso geral de 380/220 V;
- Cabos de controle de 125 Vcc e 127 Vca;
- Cabos de controle (até 24 V), instrumentação e redes de campo (4-20 mA) e fibras óticas.

Quando os cabos de instrumentação e de controle estiverem instalados no mesmo leito com outros cabos, deverão ser separados destes por chapas de aço galvanizado (septo divisor). Em locais onde for necessário mais de um nível de leito, eles deverão ser montados um sobre o outro, obedecendo à sequência conforme nível de tensão, sendo a maior tensão instalada no nível superior.

A distância mínima vertical entre leitos e entre o leito superior e o teto deverá ser de 300 mm, devendo ser de 500 mm entre o leito inferior e o piso. Leitos paralelos deverão ser instalados com uma separação horizontal mínima de 1000 mm, exceto quando acessíveis de ambos os lados.

O projeto deverá avaliar a necessidade de considerar espaço reserva no dimensionamento dos leitos.

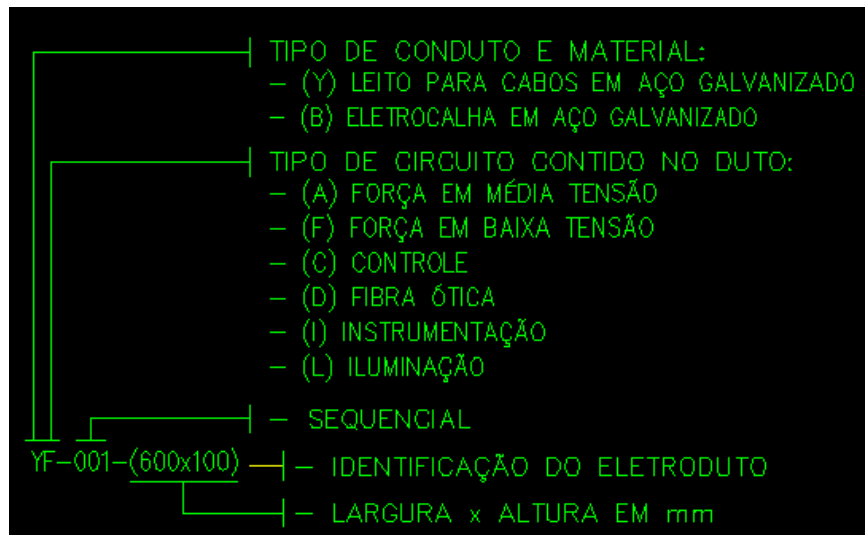
6.4. Eletrocalhas

As eletrocalhas deverão ser do tipo “perfurada”, fabricadas em aço galvanizado, com comprimento de 3 m, larguras padronizadas de 50, 100, 150, 200, 300 e 400 mm, com tampas planas para instalações internas abrigadas, e tampas tipo “duas águas”, para as instalações externas, que estejam sobre o efeito do tempo.

6.4.1. Identificação de Eletrocalhas/Leitos

A identificação dos leitos e eletrocalhas, deverá ser conforme a Identificação de Ativos Equipamentos e Instrumentos discriminada pelo SPE, como mostra a figura abaixo.

Figura 16: Identificação dos Leitos/Eletrocalhas



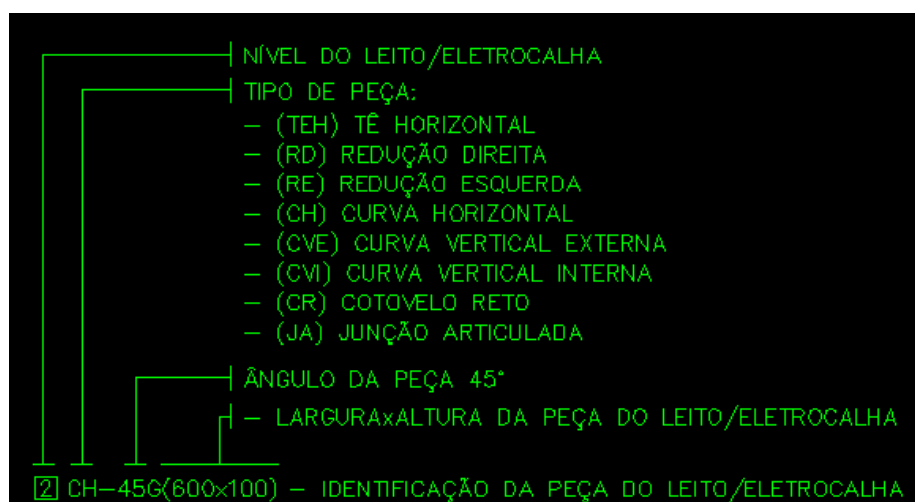
Fonte: Próprio Autor

6.4.2. Peças para Eletrocalhas/Leitos

As peças para leitos e eletrocalhas deverão ser fabricadas no mesmo material dos leitos seguindo a mesma padronização.

A identificação das peças para leitos e eletrocalhas, caso necessário, deverá ser conforme a Identificação de Ativos Equipamentos e Instrumentos discriminada pelo SPE, como mostra a figura abaixo.

Figura 17: Identificação das Peças dos Leitos/Eletrocalhas



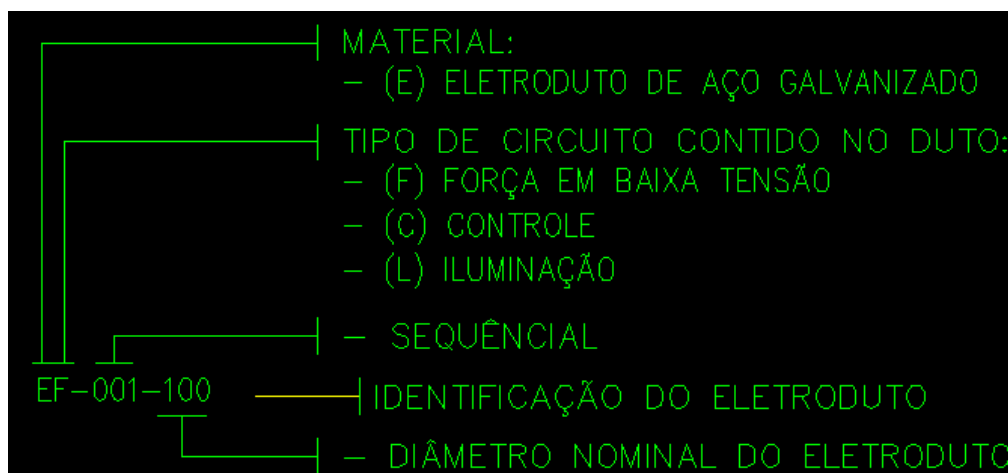
Fonte: Próprio Autor

6.5. Eletrodutos

Eletrodutos são os canais onde os condutores elétricos irão passar, para o dimensionamento a Norma chama a atenção para a taxa de ocupação dos condutores nos eletrodutos.

A identificação dos eletrodutos, deverá ser conforme a Identificação de Ativos Equipamentos e Instrumentos discriminada pelo SPE, como mostra a figura abaixo.

Figura 18: Identificação dos Eletrodutos



Fonte: Próprio Autor

6.5.1. Seleção

Os eletrodutos deverão ser selecionados para aplicação entre os seguintes tipos, de acordo com a forma e o local de instalação:

- Aço galvanizado a quente, tipo pesado, rosca BSP, para as seguintes instalações industriais:
 - Instalação aparente;
 - Embutido no piso de concreto ou em envelope de concreto (nos trechos entre as descidas do leito de cabos e as cargas a serem alimentadas);
 - Em redes de dutos, em envelope de concreto.
- PVC rígido, para as seguintes instalações prediais:
 - Instalação aparente (proteção do condutor de descida de SPDA);
 - Embutido na alvenaria.
- PEAD (polietileno de alta densidade, corrugado, flexível), para as instalações industriais em rede de dutos subterrânea, em envelope de areia;

- Tubo metálico flexível para conexão de alimentação de motores e dispositivos de instrumentação e controle.

A seleção e a especificação dos eletrodutos também deverão levar em consideração a área específica da instalação, especialmente as condições de agressividade ambiental, trânsito de veículos, etc.

6.5.2. Padronização de Diâmetros

Os diâmetros padronizados (DN) para os eletrodutos de aço galvanizado e de PVC rígido são:

Tabela 1 - Diâmetros padronizados em milímetros (DN)

Aço Galvanizado	PVC Rígido
20	20
25	25
32	32
40	40
50	50
65	60
80	75
100	110

Fonte: SPE VALE

6.5.3. Instalação Aparente

Nas instalações aparentes, externas a estrutura de fixação, preferencialmente, deverá ser especificada a distância máxima de 2 m entre os suportes dos eletrodutos e os mesmos deverão correr paralelamente ou em ângulo reto em relação às paredes e estruturas, e deverão ser unidos por meio de luvas de emenda com rosca BSP e as conexões de eletrodutos aos painéis deverão ser previstas com luvas de união.

Deverão ser especificadas caixas de passagem ou condutes, fabricados em liga de alumínio fundido, com tampa e junta de vedação em neoprene.

Deverão ser empregadas juntas de expansão a cada trecho de 50 metros e em todos os pontos da estrutura (metálica ou alvenaria) onde existirem juntas de dilatação.

6.6. Separação por Circuitos e por Níveis de Tensão

Deverão ser utilizados eletrodutos distintos para a distribuição de:

- Circuitos de força (separados por nível de tensão);
- Circuitos de tomadas e iluminação;
- Circuitos de instrumentação;
- Circuitos de controle;
- Circuitos de comunicação;
- Fibras óticas.

6.7. Eletrodutos Flexíveis na Instalação de Motores

Para evitar a propagação de vibrações produzidas pelos motores, bem como para maior facilidade de manutenção, deverão ser previstos eletrodutos metálicos flexíveis, entre os eletrodutos rígidos e as caixas de ligação dos motores.

Deverão ser especificados eletrodutos flexíveis com terminais para conexão já montados de fábrica. Os diâmetros padronizados para eletrodutos flexíveis são os mesmos padronizados para os eletrodutos rígidos.

6.8. CABOS ELÉTRICOS

Os cabos elétricos deverão ser dimensionados conforme critérios descritos na NBR 5410 e na NBR 14039, sendo que a seção mínima dos cabos dimensionados deverá ser de 2,5 mm² para instalações industriais. Deverá ser levado em consideração o critério econômico de dimensionamento de cabos elétricos.

A NBR 5410 estabelece 2 critérios para determinar a bitola dos cabos, o primeiro critério é a capacidade de condução de corrente e o segundo critério é a queda de tensão. Estes 2 critérios são discriminados a seguir.

6.8.1. Condução de Corrente

A ABNT NBR5410 estabelece critérios de dimensionamento de cabos para cada ambiente para garantir uma vida satisfatória a condutores e isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes equivalentes às suas capacidades de condução de corrente durante períodos prolongados em serviço normal.

O critério de condução de corrente utiliza métodos de referência para determinar a seção transversal do condutor. Os métodos de referência são os métodos de instalação, indicados na

IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo, são eles:

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

6.8.2. Queda de Tensão

A queda de tensão elétrica é uma anomalia causada pelas distâncias percorridas pela corrente elétrica em um circuito, quanto maior for o comprimento do condutor maior será a queda de tensão, isso devido ao aumento de resistência elétrica e a quantidade maior de material utilizado para fazer maiores condutores.

Desta forma, o critério da queda de tensão será muito relevante no dimensionamento dos condutores que farão o fornecimento para os painéis e iluminação viária devido a distância desses pontos para a subestação secundária.

Este critério é tratado no item 6.2.7 da NBR 5410. Nessa seção a norma fixa os limites máximos admissíveis de queda de tensão nas instalações, sendo eles:

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;

- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.
- Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

A queda de tensão de ser calculada durante o projeto, sendo o dimensionamento dos circuitos feito de modo a mantê-la dentro dos valores máximos fixados pela NBR 5410. No projeto da usina de RCC será dimensionado um transformador exclusivo para o empreendimento, desta forma, os limites máximos adotados serão de 4% para instalações dos circuitos terminais e de 7% para alimentação a partir de transformador próprio.

Outro fator que influencia a queda de tensão é a reatância indutiva, causado por cargas não resistivas. Porém, considera-se para pequenos consumidores e pequenas cargas que a corrente elétrica se distribui de forma homogênea pelos condutores apesar do campo magnético gerado.

De modo simplificado desconsiderando o efeito magnético, é possível calcular a queda de tensão de modo tolerável usando os valores de resistência dos condutores e as equações abaixo:

- Para o cálculo da resistência ôhmica.

$$R = \frac{\rho * l}{S} \quad (4)$$

Onde:

R: Resistência elétrica em ohm.

ρ : Resistividade específica do material (0,0172 para o cobre).

l: Comprimento do condutor em metros.

S: Seção do condutor em mm².

- Para o cálculo da queda de tensão.

$$\Delta E = 2R * I * \cos\varphi \quad (5)$$

Onde:

ΔE : Queda de tensão em volt.

R: Resistência elétrica por fase em ohm.

I: Corrente elétrica em ampère.

$\cos\phi$: Fator de potência.

- Para o percentual de queda de tensão.

$$\Delta E\% = 100 \times \frac{\Delta E}{E} \quad (6)$$

Onde:

$\Delta E\%$ = Percentual de queda de tensão.

ΔE : Queda de tensão em volt.

E: Tensão em volt.

6.8.3. Isolamento

Em 1910 os fios esmaltados vieram a popularizar-se, o que acarretou sua produção em maior escala. O uso desse material, como isolante sólido, persiste até os dias de hoje, embora com uma composição química bastante diferenciada e complexa, já que os estudos possibilitaram maiores descobertas a respeito do uso desses polímeros (MOREIRA, 2008).

Os materiais extrudados podem ser divididos em termoplásticos e termofixos, que se difere em suas propriedades químicas. Enquanto que os primeiros são polímeros com cadeia linear, no qual amolecem quando tem sua temperatura aumentada, o segundo são polímeros tridimensionais, obtidos a partir do processo de vulcanização e não amolecem quando se aumenta a temperatura (PRYSMIAN, 2012).

Atualmente, os isolantes sólidos mais usados são: o cloreto de polivinila, o polietileno reticulado e o etileno-propileno (MOREIRA, 2008?). Embora esses materiais apresentem características em comum, tais como: ausência de escoamento, insensibilidade às vibrações e à umidade, bom comportamento diante do fogo e boa resistência ao envelhecimento, possuem também propriedades específicas que serão expostas a seguir (COTRIM, 2009).

6.8.3.1. Cloreto de polivinila (PVC)

O cloreto de polivinila, mais comumente conhecido como PVC, é um plástico produzido a partir do petróleo (MOREIRA, 2008). O material é um isolante termoplástico e não é um bom

propagante/condutor de fogo, embora sua queima gere fumaça com abundância de gases tóxicos e corrosivos (GOEKING, 2009).

Os cabos com isolamento de PVC são os mais populares e mais facilmente encontrados nas instalações residenciais (CAVALIN e CERVELIN, 2006). Tal popularidade deve-se ao fato do PVC, além de possuir baixo custo, ser resistente a propagação de fogo, sem interferir em seu bom desempenho elétrico. Além disso, se deve também ao pouco tempo de existência e uso dos polímeros livres de halogênios, esses que em caso de queima geram menos fumaça e, conseqüentemente, menos gases tóxicos. (GOEKING, 2009).

O PVC é a combinação entre a resina sintética (cloreto de polivinila puro), os estabilizantes, as cargas e o plastificante. É um material pouco sensível à água, que pode ser colorido facilmente. Além disso, possui um bom equilíbrio químico e quando combinado a estabilizantes apropriados pode resistir ao envelhecimento causado pela temperatura. (GOEKING, 2009).

Embora o isolante de PVC tenha rigidez dielétrica e poder indutor alto, possui baixa resistência, quando suas propriedades são comparadas ao isolante de polietileno. Além disso, possui perdas dielétricas elevadas quando submetidas à tensão acima de 20 kV. Portanto, são indicados para instalações elétricas de até 10 kV (GOEKING, 2009).

6.8.3.2. Polietileno reticulado (XLPE)

O polietileno reticulado, também conhecido por XLPE, é um isolante termofixo, que passa por um processo de transformação em sua estrutura reticular, no qual seu comportamento mecânico e sua resistência às intempéries e ao fogo são melhorados. Além disso, o material passa a não mais estar sujeito a fissuras como antes, em seu estado original (GOEKING, 2009).

O XLPE é um material propagante de chamas, isto é, continua a queimar mesmo que não esteja mais em contato com o fogo. Entretanto, resiste a deformações térmicas de até 250°C e, estando submetido à baixa temperatura, atua de maneira efetiva e mantém sua estabilidade química (GOEKING, 2009).

Os condutores com isolamento XLPE são geralmente usados em baixa e média tensão, contudo sua utilização em tensão superior a 15 kV está sujeita a um fenômeno denominado treeing, já que esse tipo de isolamento apresenta alta dispersão em sua rigidez dielétrica. Além disso, a utilização deste material não é recomendável para cabos que estarão em contato com algum tipo de umidade (GOEKING, 2009).

6.8.3.3. Borracha de etileno-propileno (EPR)

A borracha de etileno-propileno, conhecida simplesmente como EPR, é o tipo de isolamento mais completa, desenvolvida recentemente (PRYSMIAN, 2012). Os cabos isolados com material EPR são reticulados com peróxidos orgânicos e a partir de tal mistura, obtém-se resistência tanto ao envelhecimento térmico, quanto a agentes oxidantes, possibilitando manter os níveis de corrente aceitáveis, mesmo instalados em ambientes quentes (GOEKING, 2009).

Assim como o polietileno reticulado, o EPR também é um termofixo e também propagante de chamas, além disso, apresenta uma elevada resistência a descargas e radiações ionizantes, suportando uma temperatura de deformação de até 250°C em situações de curto circuito (GOEKING, 2009). Contudo, diferentemente do XLPE, o EPR é um material que tem uma baixa dispersão de sua rigidez dielétrica e, portanto, é pouco suscetível ao fenômeno do treeing, o que permite usá-lo em cabos submarinos (PRYSMIAN, 2012). E ainda, por tratar-se de um tipo de borracha, também é bastante flexível, mesmo em temperaturas baixas (GOEKING, 2009).

Dessa forma, o conjunto de tais características possibilita ao isolante ser aplicado a uma infinidade de condutores que, em um circuito, transmitirão baixa, média ou até mesmo alta tensão (PRYSMIAN, 2012).

6.8.4. Especificação dos Alimentadores de 13,8 kV e de 34,5 kV

Deverão ser utilizados cabos com classe de isolamento 8,7/15 kV e 20/35 kV, respectivamente, isolamento em EPR, cobertura em PVC, não propagante de chama, singelos, blindados, constituídos por condutores de cobre com encordoamento classe 2, temperatura máxima do condutor 105° C em regime contínuo, conforme a norma NBR 7286. As terminações desses cabos deverão ser do tipo contrátil a frio.

6.8.5. Sistema de Iluminação

Apesar de a NBR 5410 estabelecer que a seção mínima de condutores para iluminação é 1,5 mm² para condutores de iluminação, o SPE determina que a seção mínima que deve ser utilizada para iluminação em área industrial deve ser de 2,5 mm². O SPE determina também, que para instalação em redes embutidas no piso, deverão ser utilizados cabos singelos com classe de isolamento de 0,6/1 kV. A isolamento e a cobertura devem ser em PVC, constituídos por

condutores de cobre com encordoamento classe 5, temperatura máxima do condutor 70° C, conforme as normas NBR 7288 e NBR NM 280.

Para as demais instalações, deverão ser utilizados cabos singelos com classe de isolamento de 750 V, isolação de PVC em dupla camada, constituídos por condutores de cobre com encordoamento classe 5, temperatura máxima do condutor 70° C, conforme as normas NBR NM 247-2, NBR NM 247-3 e NBR NM 280.

Os condutores de iluminação deverão ser padronizados nas seguintes cores:

- Fase R: preto;
- Fase S: branco;
- Fase T: vermelho;
- Neutro: azul-claro;
- Condutor terra de proteção: verde;
- Retorno: cinza.

6.9. TOMADAS ELETRICAS

6.9.1. Tomadas para Uso Geral (Área Industrial)

As tomadas elétricas para uso industrial deverão atender aos requisitos da norma NBR IEC 60309-1. Desta forma as tomadas para uso geral nas áreas industriais deverão ser distribuídas de modo a se obter áreas de cobertura com raio de 15 m.

As tomadas deverão ser monofásicas, 220 V, 16 A ou 32 A, três polos (fase + neutro + terra), de sobrepor, fabricadas em material termoplástico auto extingüível. Para instalação em áreas abrigadas, o grau de proteção deverá ser IP-44 e para áreas externas, ao tempo, grau de proteção IP-67.

6.10.2. Tomadas Prediais (Prédios Administrativos)

As tomadas elétricas para instalação predial (prédios administrativos e outros) com capacidade até 20 A e deverão atender aos requisitos da norma NBR 14136. As tomadas para uso geral em prédios administrativos e outros fora da área industrial (refeitórios, escritórios, portarias, etc.) deverão ser monofásicas, 127 V ou 220 V, 10 A ou 20 A, polarizadas, conforme NBR 14136, (fase + neutro + terra), para instalação embutida ou de sobrepor (montadas em condutes).

Para alimentação de unidades individuais de ar condicionado (do tipo “janela” ou split) as tomadas deverão ser em 220 V, 20 A, 2 fases + terra em sistemas 220/127 V ou fase + neutro + terra em sistemas 380/220 V, para instalação embutida ou de sobrepor (montadas em caixas ou condutores).

6.11. ILUMINAÇÃO

Os projetos de iluminação deverão considerar as instalações conforme os detalhes típicos padrões. Os detalhes típicos, são detalhes de fixação das luminárias e componentes, que devem ser levados em consideração pelo projetista para o dimensionamento correto dos materiais, todos os detalhes típicos padrões são disponibilizados na intranet da VALE, porém, o projetista possui liberdade para fazer alterações, ou criar novos detalhes de fixação se achar necessário.

O projetista deverá analisar a viabilidade de aplicação de outros tipos de luminárias no projeto, como por exemplo, luminárias de LED, devendo ser considerados, nessa análise, no mínimo, aspectos como:

- Desempenho;
- Eficiência;
- Custo de aquisição;
- Garantia do fabricante;
- Vida útil.

6.11.1. Comando da Iluminação Viária

Em redes aéreas de iluminação alimentadas por transformadores instalados em postes, cada poste deverá possuir um relé fotoelétrico para comando exclusivo da luminária nele instalada.

Em redes de iluminação alimentadas em baixa tensão a partir das salas elétricas, a projetista deverá definir dentre as duas opções indicadas abaixo, aquela que melhor irá atender tecnicamente à instalação:

- Comando individual por luminária, com relé fotoelétrico exclusivo;
- Comando conjunto da rede de iluminação.

O comando conjunto deverá consistir de um painel de iluminação instalado na sala elétrica da subestação secundária, com um barramento alimentado por um contator tripolar comandado por relé fotoelétrico.

Como, neste projeto, a iluminação viária será alimentada em baixa tensão a partir de 4 painéis elétricos, o projetista optou por utilizar acionamento por comando conjunto da rede de iluminação, em que cada circuito de iluminação viária será acionado por um relé fotoelétrico.

6.11.2. Prédios localizados na Área Industrial

Os prédios na área industrial (salas elétricas, salas de controle, escritórios, etc.) deverão ser alimentados por sistema trifásico + neutro, 380/220 V, 60 Hz. Portanto, a iluminação será monofásica em 220V.

Deverão ser utilizadas luminárias para lâmpadas fluorescentes de 2 x 18 W em 220 V ou sistema de iluminação com eficiência igual ou superior.

6.11.3. Iluminação de Emergência

O projeto de iluminação de emergência deverá estar conforme NBR 10898, e deverá prever iluminação de emergência com luminárias autônomas nos locais de trânsito de pessoas e onde a eventual falta de iluminação seja crítica, como em corredores, escadas, passarelas, rotas de fuga, saídas de emergência, salas elétricas e de controle, refeitórios, etc.

As sinalizações das saídas de emergências deverão possuir unidades autônomas constituídas por bateria recarregável e carregador de baterias, com duas lâmpadas fluorescentes de 8 W ou sistema de LED equivalente. O sistema deverá ter funcionamento automático e autonomia superior a duas horas.

Em áreas atendidas pelo sistema de emergência por meio de grupos moto-geradores, a projetista deverá avaliar a possibilidade de sua aplicação na alimentação de circuitos de iluminação de emergência, em substituição às unidades autônomas.

6.11.4. Critério para Instalação e Distribuição

Para cada circuito de iluminação deverá ser previsto um condutor terra de proteção, isolado, na cor verde. Nas edificações de unidades de processo, deverão ser previstas luminárias instaladas preferencialmente nas colunas, de forma a facilitar a manutenção. Onde o pé direito

for superior a 5 m, deverão ser utilizados projetores, e deverá ser evitada a instalação de luminárias pendentes sobre equipamentos que operam continuamente.

Nas instalações de luminárias suspensas deverão ser utilizadas suspensões articuladas, sendo que, nas áreas onde as luminárias estiverem sujeitas à vibração, essas suspensões deverão ser do tipo antivibratório.

Em áreas industriais de processo com presença de poeira em suspensão, e em locais sujeitos a intempéries, a distribuição dos circuitos deverá ser feita por meio de eletrodutos de aço galvanizado, com as derivações feitas em caixas de passagem do tipo condutele, e com a saída do cabo protegida por prensa-cabo.

De maneira geral, nos projetos de instalações de luminárias, deverão ser buscadas soluções que evitem condições de trabalho em altura ou em condições inseguras, como por exemplo, luminárias instaladas em postes articulados facilitando a substituição de lâmpadas.

7. Projeto Luminotécnico

7.1. Software de Simulação

Na engenharia de forma geral é comum a utilização de programas para auxiliar na criação de projetos. Em instalações elétricas os programas auxiliam desde a inserção de luminárias até o dimensionamento dos circuitos. Estes programas possuem uma vasta biblioteca de componentes e símbolos, o que contribui significativamente no tempo hábil de elaboração dos projetos. A integração entre simulação computacional e engenharia é possível por ser a segunda uma área multidisciplinar que necessita de informações passíveis de serem modeladas e simuladas. Segundo Tavares (2007) com a simulação torna-se mais fácil testar as variáveis que interferem no projeto de iluminação, e com a possibilidade de simular estes resultados antes da construção, se tem maior segurança de que o resultado final será satisfatório.

Nos últimos anos, os softwares de iluminação, ou mais corretamente os softwares de simulação luminotécnica (entendendo simulação como relativo a qualquer algoritmo aritmético e, lógico, que mimetize um fenômeno físico), têm se mostrado úteis no subsídio a projetos de iluminação.

Os softwares de simulação costumam trabalhar com um motor de cálculo próprio e um enfoque algorítmico com características variadas para o cálculo da Iluminação Global. Os pacotes mais avançados adotam a abordagem híbrida: estocástica e determinística, escolhendo a situação quando melhor se aplica uma ou outra.

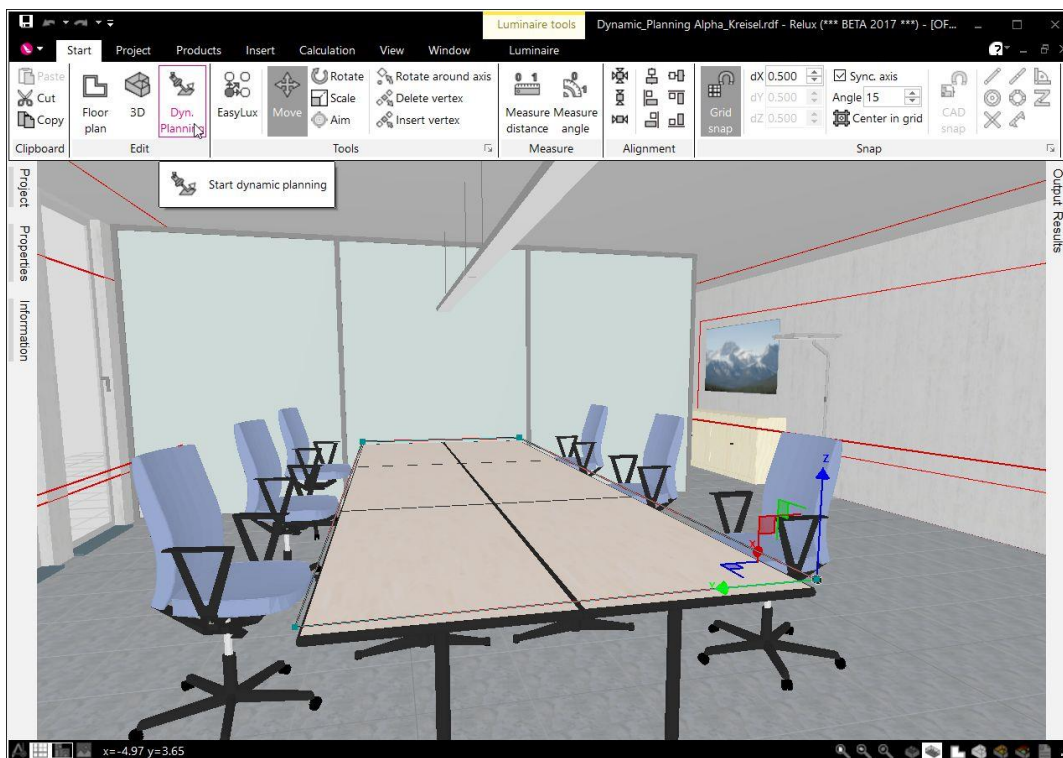
Os softwares de simulação podem ser utilizados para auxiliar o projeto de engenharia no que tange ao conforto ambiental e a eficiência energética. Existe um número considerável de softwares disponíveis atualmente como software livre, de código aberto ou não, ou como softwares comerciais. A seguir são elencados alguns dos programas utilizados para projetar instalações elétricas:

- ✓ Desktop Radiance;
- ✓ Elecworks;
- ✓ Lightscape;
- ✓ Rayfront;
- ✓ Dialux;
- ✓ Relux Desktop.

7.1.2. Relux Desktop

Neste trabalho é utilizado o Relux Pro, devido ao programa oferecer facilidade no uso de suas peças, podendo inseri-las automaticamente na escala atual do desenho. A biblioteca do programa é extensa e necessária para elaboração de projetos, é um programa com grande aceitação entre os profissionais da área, pois pode realizar o levantamento de todos os componentes de interferência na situação estudada, tornando o resultado o mais eficiente possível.

Figura 19: Workspace Relux



Fonte: Relux

O Relux é um aplicativo para o estudo de iluminação natural e artificial, que simula as propriedades das fontes luminosas e dos materiais. Possui uma interface de rápido aprendizado, em português (de Portugal), com comandos de fácil assimilação e recursos para a modelagem tridimensional de ambientes ortogonais, que podem ser visualizados na tela em várias vistas simultâneas. O programa possui uma extensa biblioteca de materiais, objetos de mobiliário, vegetação e luminárias.

As luminárias podem ser inseridas a partir do banco de dados existente no programa ou por seleção on-line através de uma caixa de diálogo na qual são fornecidas as informações do fabricante, o modelo da luminária com foto e as propriedades fotométricas das lâmpadas.

7.2. Considerações Gerais

7.2.1. Fator de Uniformidade

O índice de uniformidade para ambientes de trabalho (Oficina) padronizado como ideal foi: $U = 0,6$. Tal valor foi estipulado tomando como base o subitem 2.1 do Anexo A da norma de iluminação interna, por descrever e definir da melhor forma a uniformidade para ambientes com várias áreas de tarefa e trabalho.

7.2.2. Fator de Manutenção (FD)

Os níveis de iluminação recomendados para cada tarefa são fornecidos como iluminância mantida, por isso depende das características de manutenção da lâmpada, da luminária, do ambiente e do programa de manutenção.

O Fator de Manutenção do projeto foi: **Fd= 0,80** – local interno e limpo.

7.2.3. Lâmpadas e Luminárias

A escolha dos modelos de luminárias foi a partir do nível de fluxo luminoso e potência que as luminárias disponíveis no klassmatt apresentam.

A altura de montagem de cada luminária leva em consideração a sua posição no ambiente estudado em relação ao piso e as referências utilizadas para lâmpadas e luminárias não determinam o fabricante. Foram apenas utilizadas como referência comercial comum no mercado levando em consideração as suas características, tanto construtivas (dimensões) quanto luminotécnicas para que a simulação seja a mais próxima possível da realidade.

7.2.3.1. Luminária ITAIM modelo - LPT18

Figura 20: Luminária LPT18



Dados de luminária

Grau de rendimento	: 56.5%
Eficácia luminosa das luminárias	: 89.64 lm/W
Classificação	: A31 ↓92.5% ↑7.5%
CIE Flux Codes	: 39 68 88 93 56
UGR 4H 8H	: 18.7 / 25.3
Potência	: 36 W
Fluxo luminoso	: 2147 lm
Medidas	: 124 mm x 1270 mm x 83 mm

Fonte: Próprio Autor

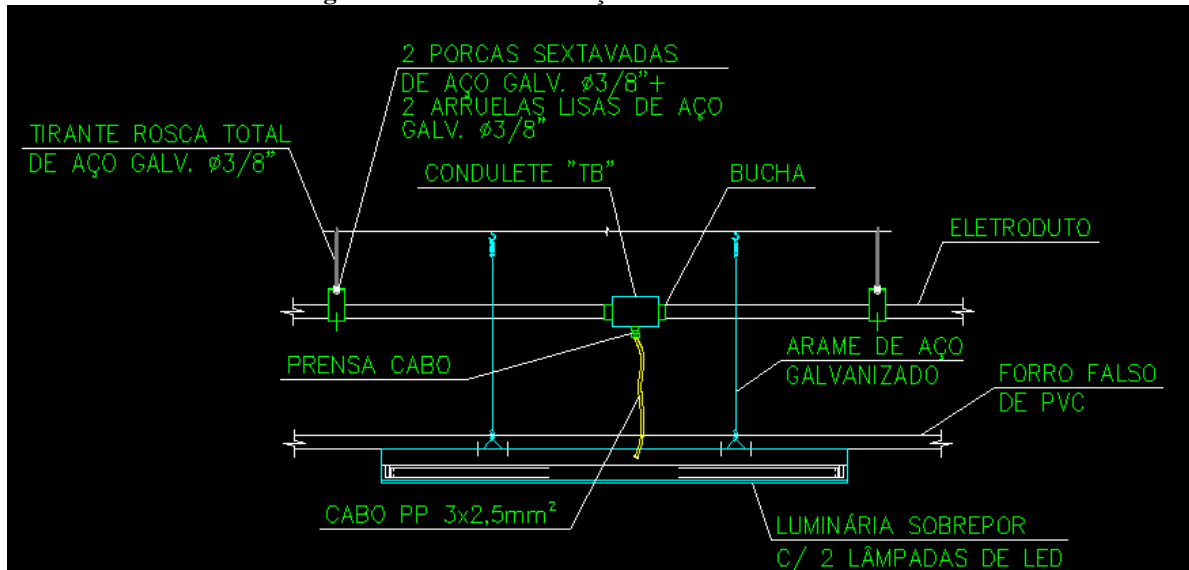
Equipado com

Quantidade	: 2
Designação	:
Potência	: 18 W
Cor	:
Fluxo luminoso	: 1900 lm

A luminária da figura 18 é a LPT18 da ITAIM, essa luminária equipada com 2 lâmpadas tubulares LED 18W, foi utilizada no cubículo de triagem da usina e na área de passeio do bloco

administrativo, compondo o circuito de iluminação externa do bloco administrativo, essas luminárias foram instaladas no forro a 3m do chão e foram fixados no telhado através de tirantes de rosca total, conforme a figura 19.

Figura 21: Detalhe de Fixação da Luminária Hermética



Fonte: Próprio Autor

7.2.3.2. Luminária ITAIM modelo 3740

Figura 22: Luminária 3740



Dados de luminária

Grau de rendimento	: 71.1%
Eficácia luminosa das luminárias	: 35.05 lm/W
Classificação	: A40 ↓99.8% ↑0.2%
CIE Flux Codes	: 52 85 97 100 71
UGR 4H 8H	: 18.9 / 18.5
Potência	: 36 W
Fluxo luminoso	: 2701.8 lm
Medidas	: 221 mm x 1153 mm x 1 mm

Equipado com

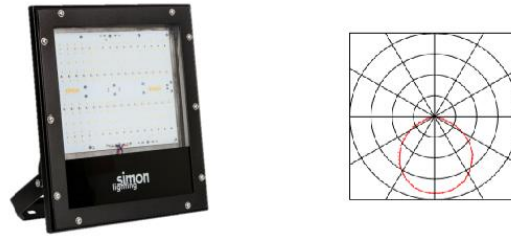
Quantidade	: 2
Designação	: LED 18W
Potência	: 18 W
Cor	:
Fluxo luminoso	: 1900 lm

Fonte: Próprio Autor

A luminária da figura 20 é a 3740 da ITAIM, essa luminária equipada com 2 lâmpadas tubulares LED 18W foi utilizada e instalada no forro da área interna do bloco administrativo a 3m de altura.

7.2.3.3. Luminária TECNOWATT F060213B

Figura 23: Luminária EOM S



Produto	N° LEDs	Driver	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)*	(lm/W)	Temperatura de Cor	Índice de Reprodução de Cor	Óptica	Peso (Kg)	Dimensão C x L x H (mm)
Projetor High Bay	170	700mA	150	14.321	95	5000K	>70	CWC (120°)	7,00	375x426x102 375x385x138

Fonte: Próprio autor

A luminária da figura 21 é a F060213B da TECNOWATT, essa luminária equipada com módulo de 170 lâmpadas LED foi utilizada na área externa em locais que não era possível a implantação de postes, desta forma esta luminária foi fixada em estruturas como o galpão, bloco administrativo e cubículo de triagem a 4m de altura nos 2 primeiros e 5,5m no último.

7.2.3.4. Luminária High Bay modelo HEGMC4K

Figura 24: Luminária High Bay



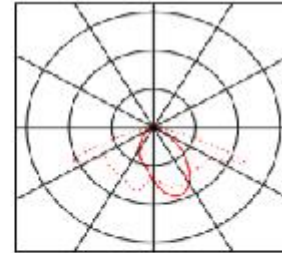
Modelo	: DIALIGHT CORPORATION	Eficácia luminosa das lur:	127.76 lm/W (A50)
Número de artigo	: LED High Bay 17k Glass HEGMC4K	Distribuição de luz	: assimétrico
Nome/designação	: HEGMC4Kx-xxx	Ângulo de iluminação	: 49.9° C0
Equipado com	: 1 x 145 W / 18525 lm		49.9° C90
Medidas	: D 280 mm x A 1 mm		49.9° C180
Nome de ficheiro	: rlx_20190422212205.idt		49.9° C270

Fonte: Próprio autor

A luminária da figura 22 é a HEGMC4K da linha Vigilant LED High Bay 145W da Dialight, essa luminária foi utilizada na área interna do Galpão, instalada na estrutura metálica a 4m de altura.

7.2.3.5. Luminária TECNOWATT modelo TW400

Figura 25: Luminária NASH S



Modelo	: Tecnowatt - Luminaria LED - TW400	Eficácia luminosa das lur:	108.28 lm/W (A40)
Número de artigo	: 19672 - 3 - Tecnowatt - Luminária LE	Distribuição de luz	: assimétrico
Nome/designação	:	Ângulo de iluminação	: 33.2° C0
Equipado com	: 1 x 200 W / 21656 lm		- C90
Medidas	: D 1 mm x A 1 mm		- C180
Nome de ficheiro	: rlx_20190422193954.ltd		- C270

Fonte: Próprio Autor

A luminária da figura 23 é a TW400 da linha NASH S TECNOWATT, essa luminária equipada com modulo de 40 lâmpadas LED foi utilizada nas áreas externas do RCC, sendo fixadas em nos postes a uma altura de 7,5m do chão.

7.3. Classificação dos Ambientes

Os níveis de iluminância e uniformidade são adotados considerando as características e a função de cada ambiente.

Os níveis de iluminância médios aplicados para a área estudada são expostos por meio da Tabela 2.

Tabela 2 - Iluminância média para cada ambiente

Ambiente	Classificação	E_m (lux)
Escritório	Escrever, teclar, ler, processar dados	500
DML	Depósito, estoques, câmara fria	100
I.S Masculino e Feminino	Vestiários, Banheiros e Toaletes	200
P.C.D	Vestiários, banheiros, toaletes	200
Galpão de Armazenamento	Trabalhos em máquinas em geral	300

Ambiente	Classificação	E_m (lux)
Triagem	Triagem e lavagem de produtos, moagem, mistura, embalagem	300
Área Externa	Rampas de entrada e saída (durante a noite), Pistas de tráfego, Estacionamento.	75

Fonte: Próprio Autor

7.4. Resultados

Tabela 3 - Comparação Resultados x Norma

Superfícies de Cálculo	E_m Padrão (lux)	E_m. Simulação (lux)	U Padrão	U Simulação
Escritório	500	555	0,6	0,64
DML	100	257	0,6	0,61
I.S Masculino	200	552	0,6	0,47
I.S Feminino	200	384	0,6	0,72
P.C.D	200	386	0,6	0,77
Galpão de Armazenamento	300	345	0,6	0,56
Triagem	300	352	0,6	0,76
Área Externa	75	81	0,6	0,10

Fonte: Próprio autor

8. Projeto Elétrico

8.1. Levantamento de Carga

O levantamento de cargas é a segunda etapa para a elaboração de um projeto elétrico, tendo em vista que nesta etapa deve-se conhecer os valores de demanda de iluminação dimensionados na primeira etapa que é o projeto luminotécnico.

8.1.2. Iluminação

A partir do projeto luminotécnico abordado no capítulo 7, foram feitos os dimensionamentos das luminárias segundo a quantidade de lumens necessários para cada área adequando-a a NRB 8995-1, de acordo com os trabalhos que serão exercidos. A tabela 4 discrimina a quantidade e potência das luminárias utilizadas por ambiente:

Tabela 4 - Quantidade de lâmpadas por potencia

Local	Potência (W)			
	36	145	150	200
Bloco Adm.	20		5	
Galpão de Estoque		6	7	
Cubículo de Triagem	1		3	
Iluminação Viária				8

Fonte: Próprio autor

A área administrativa ainda possuirá em 8 módulos de luminárias de emergência de 8W, enquanto o galpão de estoque possuirá 6 módulos autônomas de iluminação de emergência. Desta forma a potência total demanda para iluminação é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 5 - Potência de iluminação demandada

Local	Potencia (W)
Bloco Adm.	1.902
Galpão de Estoque	2.020
Cubículo de Triagem	486
Iluminação Viária	1.200
TOTAL	5.608

Fonte: Próprio autor

7.1.2. Tomadas

Como o ambiente objeto do projeto é uma área industrial e de apoio as tomadas dimensionadas foram de uso específico (TUE), que são especificadas de acordo com o valor da potência dos equipamentos nelas instalados. Outro ponto a ser observado, é que todas as TUE do projeto terão o valor de tensão de 220V.

No bloco administrativo, teremos pontos de força para centrais de ar, computadores e impressoras, porem a maior demanda foram os pontos de força para chuveiros elétricos nos banheiros.

Tabela 6 - Quantidade de TUE's por potência

Local	Potência (W)	
-------	--------------	--

	300	600	1.600	4.600	6.300
Bloco Adm.	17	4	2	3	
Galpão de Estoque					4

Fonte: Próprio autor

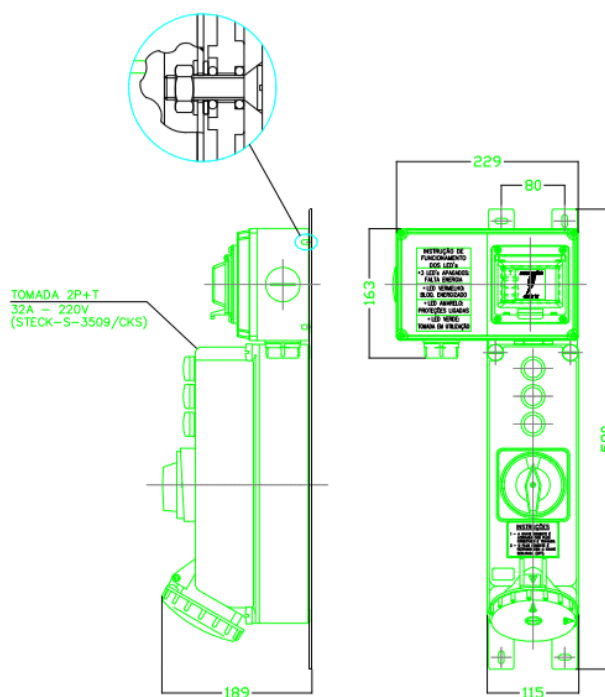
Tabela 7 - Potência de TUE's demandada total

Local	Potencia (W)
Bloco Adm.	29.000
Galpão de Estoque	25.200
TOTAL	54.200

Fonte: Próprio autor

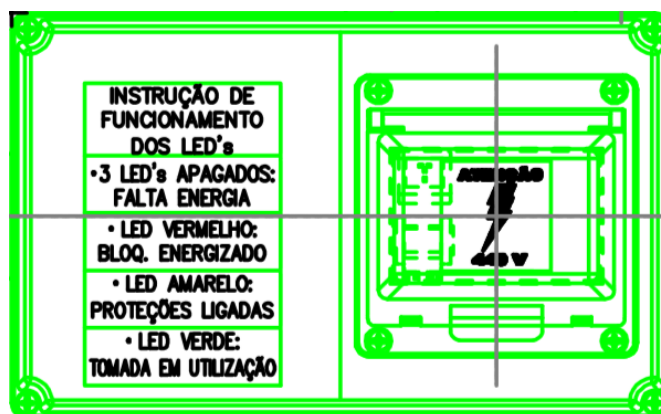
Apesar de no galpão não haver a necessidade de tomadas para as tarefas a serem desempenhadas no local, o projetista dimensionou tomadas que poderão ser usadas em possíveis futuras manutenções. As tomadas serão do tipo STECK de sobrepor em termoplástico auto extingüível, da série Brasikon de 32A com 2P+T, como exigência do cliente todas as tomadas do tipo STECK possuam travamento mecânico e terão disjuntores diferenciais residuais acoplados, além de leds indicadores de estado como mostra a figura 25.

Figura 26: Detalhe típico tomada STECK



Fonte: Próprio autor

Figura 27: Tomada STECK detalhe placa



Fonte: Próprio autor

Os equipamentos necessários à operação de uma recicladora são semelhantes aos de atividades de mineração, com as devidas adaptações; entre eles, têm-se o alimentador do britador, o britador estacionário, os transportadores de correias, os separadores magnéticos e as peneiras. Geralmente, os equipamentos mais utilizados na britagem são os britadores de mandíbula e os britadores de impacto, mas em algumas recicladoras são encontrados o cone de britagem e os moinhos de rolo.

A central de concreto terá uma potência instalada de aproximadamente 27 kW.

A tabela abaixo apresenta os equipamentos de refinamento da matéria prima e a sua quantidade por potência.

Tabela 8 - Quantidade de TUE's por potência na usina de RCC

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO (PL-01)	TUE (kW)			
	1,1	1,8	2,2	7,5
Motor Esteira (Peneira)		2		
Motor Peneira			1	
Motor Esteira (Triagem)				1
Motor Esteira (Alimentador Pulmão)				1
Britador Estacionário				1
Peneira Vibratória	1			
Motor Esteira			1	

Fonte: Próprio autor

7.2. Dispositivos de Proteção

7.2.1. Disjuntores Termomagnéticos

Tabela 9 - Proteção dos painéis

CIRCUITO	CORRENTE (A)	DISJUNTOR PROTEÇÃO (A)
PL – 01	84,26	90
PL – 02	58,60	63
PL – 03	46,14	63
PL – 04	53,45	63
PL – 05	1,66	15
QD - 01	223,68	250

Fonte: Próprio autor

A tabela 9 apresenta a corrente nominal dos painéis e do quadro geral e os disjuntores que deverão ser utilizados como proteção.

7.2.2. Corrente de Curto Circuito

Como o transformador dimensionado para suprir a necessidade de fornecimento da usina de RCC é de 220 kVA, a impedância percentual será de 4%. De posse destes dados e utilizando as equações 7 e 9 podemos calcular a corrente de curto circuito do disjuntor de proteção.

$$I_n = \frac{220 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 380} \quad (7)$$

$$I_n = 334,255417 \text{ A} \quad (8)$$

Após determinar corrente nominal e a impedância percentual do transformador, é calculado a corrente de curto circuito.

$$I_{CC} = \frac{334,255417}{0,04} \quad (9)$$

$$I_{CC} = 8.356,39 \text{ A} \quad (10)$$

A corrente de curto calculada foi de 8,35 kA, desta forma o projetista estabeleceu que o disjuntor de proteção que será utilizado deve suportar uma corrente de curto de 10 kA, como o da figura abaixo.

Figura 28: Disjuntor com I_{cn} de 10 kA



Fonte: Próprio autor

7.3. Dimensionamento dos Condutores

7.3.1. Condução de Corrente

O primeiro passo para o dimensionamento do condutor é definir quais os métodos de referência que serão utilizados e essa escolha deve seguir os critérios determinados no item 6, deste trabalho.

Figura 29: Método de referência para instalação aparente

Aparente	Eletroduto	Condutores isolados	B1
		Cabos unipolares	B1
	Bandeja Perfurada	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Leito (Escada para Cabos)	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Bandeja não perfurada (Prateleira)	Cabos unipolares	C
		Cabos multipolares	C
	Suportes	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Em paredes ou tetos Fixação direta	Cabos unipolares	C
		Cabos multipolares	C
	Moldura	Cabos unipolares	A1
		Cabos multipolares	A1

Fonte: Próprio autor

Na área administrativa o encaminhado dos circuitos também será feito em duas partes, a primeira será por eletrocalhas perfuradas suspensa e a segunda parte será instalada em

eletrodutos aparentes. Como já foi demonstrado na figura 27 a instalação em eletroduto aparente é o método de referência B1, já a instalação em eletrocalhas apesar de possuir características diferentes também pertence ao método de referência B1 como é mostrado na figura 28.

Figura 30: Método de referência para instalação suspensa

Suspensa	Eletrocalha ou perfilado	Condutores isolados	B1
		Cabos unipolares	B1
		Cabos multipolares	B2
	Isoladores	Condutores isolados	G
		Cabos Nus	G

Fonte: Próprio autor.

Pelo critério de projeto determinado pelo SPE, o condutor mínimo utilizado foi o de 2,5 mm². Para a alimentação dos painéis e da iluminação viária os condutores utilizados serão cabos multiplexados aparentes sobre suportes fixados em postes, desta forma o método de referência para determinar a condução de corrente desses condutores será o E.

Figura 31: Método de referência para instalação em suportes

Aparente	Eletroduto	Condutores isolados	B1
		Cabos unipolares	B1
		Cabos multipolares	B2
	Bandeja Perfurada	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Leito (Escada para Cabos)	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Bandeja não perfurada (Prateleira)	Cabos unipolares	C
		Cabos multipolares	C
	Suportes	Cabos unipolares	F
		Cabos multipolares	E
	Em paredes ou tetos Fixação direta	Cabos unipolares	C
		Cabos multipolares	C
	Moldura	Cabos unipolares	A1
		Cabos multipolares	A1

Fonte: Próprio autor

7.3.2. Queda de Tensão

Tabela 10 - Queda de tensão dos circuitos

CIRCUITO	DISTÂNCIA CABOS (m)			CRITÉRIO QUEDA DE TENSÃO		
	FASE	NEUTRO	TERRA	R	ΔE	$\Delta E\%$
QD – 380/220	10	10	0,0018	0,8147	0,0006	10

PL – 01	32	32	32	0,0344	3,8528	1,0139
PL – 02	100	100	100	0,1075	9,4815	2,4951
PL – 03	111	111	111	0,1193	12,0280	5,4673
PL – 04	48	48	48	0,0826	9,3623	2,4638
PL – 05	10	10	10	0,0430	0,9030	0,2376

Fonte: Próprio autor

Como pode ser visto na tabela 10, a alimentação do PL - 03 que é o painel de alimentação do galpão de estocagem teve a maior queda de tensão, mesmo não sendo o painel com a maior carga instalada, devido a distância de 111m da subestação ao seu terminal, foi onde a queda de tensão teve a maior porcentagem de queda, sendo de 5,4673% como o limite de queda é de 7%, todas as quedas de tensão calculadas foram satisfatórias.

7.4. Suprimento de Energia

7.4.1. Fonte de Alimentação

Por ser um empreendimento novo será feita uma derivação para as novas instalações a partir da tensão de 13,8 kV, via rede aérea para uma subestação secundaria que será instalada em postes duplos com bancada.

Figura 32: RAMAL DE ENTRADA AÉREO EM CLASSE DE TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO 15 E 36,2 kV

Demanda Calculada (kVA)	Cabo de Alumínio Nu CA (AWG)	Cabo de Cobre Nu (mm²)
Até 900	2	25
901 a 1500	1/0	50
1501 a 1900	1/0	50
1901 a 2500	4/0	70

Fonte: NT.002.EQTL.Normas e Padrões – página 92.

O ramal de entrada aérea do ponto de derivação da linha de distribuição com tensão de 13,8 kV até o transformador será um cabo de alumínio por fase com diâmetro de 2 AWG, totalizando 3 fases.

Figura 33: DIMENSIONAMENTO DE TRANSFORMADORES PARTICULARES

Demanda Calculada (kVA)	Transformador Recomendado (kVA)
Até 33	30
34 a 49	45
50 a 82	75
83 a 124	112,5
125 a 165	150
166 a 248	225
249 a 330	300
334 a 550	500
551 a 825	750
826 a 1100	1000
1101 a 1375	1250
1376 a 1650	1500
1651 a 2200	2000
2201 a 2717	2500

Fonte: NT.002.EQTL.Normas e Padrões – folha 95

Como mostra a figura a cima, a normativa 002 da Celpa recomenda que para demandas até 165 kVA se utilize o transformador de 150 kVA. Como o estudo de demanda elaborado para este novo empreendimento determinou uma demanda de energia da ordem de 160,665 kVA, na tensão de 380/220V, o transformador de potência mínima a ser instalado deve ser o de 150kVA com tensões secundarias de 380/220 V, porém, o projetista optou-se por instalar um transformador de 225kVA, de forma a dar mais segurança e flexibilidade, no fornecimento de energia, para as novas instalações e futuras ampliações.

Figura 34: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS DE BAIXA TENSÃO

Potência (kVA)	Tensão (V)	Corrente Máxima (1,1*kVA) (A)	Disjuntor (A)	Cabos de cobre com isolamento termofixa (XLPE) 0,6/1kV (mm ²)	Eletroduto de Aço Diâmetro nominal mm (pol)	Condutor de Aterramento	
						Cobre (mm ²)	Aço-cobreado (AWG)
Até 15	380/220	25	25	3#6 (6)	20 (3/4")	25	2
30		50	50	3#10 (10)	25 (1")	25	2
45		75	70	3#16 (16)	32 (1 1/4")	25	2
75		125	125	3#35 (25)	32 (1 1/4")	25	2
112,5		188	175	3#70 (35)	50 (2")	25	2
150		250	250	3#95 (50)	65 (2 1/2")	50	1/0
225		376	350	3#185 (95)	80 (3")	50	1/0
300	501	500	2x3#95 (95)	100 (4")	50	1/0	

Fonte: NT.002.EQTL.Normas e Padrões – página 93.

A saída do secundário do transformador até o cubículo de medição, e do cubículo de medição até o quadro de distribuição geral será utilizado o cabo de cobre com isolamento termofixa (XLPE) de 185 mm² para os condutores de fase e de 95 mm² para o condutor neutro, o transformador e o cubículo de medição deverão ser aterrados em por uma haste de cobre nu com diâmetro de 50 mm².

Figura 35: DIMENSIONAMENTO DE ELOS FUSÍVEIS PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

Potência (kVA)	13,8 kV	34,5 kV
75	3H	1H
112,5	5H	2H
150	6K	2H
225	10K	5H
300	15K	6K
500	25K	12K
750	40K	15K

Fonte: NT.002.EQTL.Normas e Padrões – página 92.

Figura 36: ESPECIFICAÇÃO RESUMIDA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Materiais e Equipamentos para Instalações classe de Tensão 15 kV	Zona de Corrosão	
	Baixa ou Média	Alta ou Muito Alta
Chave Fusível Unipolar (uso exterior)		
Classe de Tensão	15 kV	15 kV com isolador espaçador
Corrente Nominal	300 A	300 A
Capacidade de Ruptura Simétrica	10 kA	10 kA
Tipo de Base	Tipo C	Tipo C
Nível Básico de Isolamento (NBI)	95 kV	95 kV
Para-raios		
Classe de Tensão	12 kV	12 kV
Capacidade Mínima de Ruptura	10 kA	10 kA
Nível Básico de Isolamento (NBI)	95 kV	95 kV
Isoladores de Disco (cadeia)	Com 2 isoladores	Com 3 isoladores
Isolador de Pino		
Tipo	Hi-Top	Pilar
Classe de tensão	25kV	24,2kV

Fonte: NT.002.EQTL.Normas e Padrões – página 106.

7.4.2. Sistema de Distribuição de Força e Controle

Para atender aos novos pontos de consumo, foi projetada uma rota para os cabos de força e controle, a partir do quadro geral de distribuição (QD-01), que será instalado no poste do novo transformador. Esta rota é toda nova e constituída de trechos aparentes, com suportes fixados em postes de 11m e 300 DAN.

A rede geral para os cabos de força e controle está representada no desenho da planta de alimentação.

7.4.3. Sistema de Iluminação

Para as novas edificações foram projetados novos sistemas de iluminação. A pedido da Vale, foram adotadas lâmpadas e luminárias de led, em substituição às convencionais fluorescentes (internas de escritórios) e vapor de sódio (galpões).

Para estes novos sistemas de iluminação, foram empregados painéis de iluminação (PLs), de instalação aparente, providos de mini disjuntores, DPS (dispositivo de proteção contra surtos) na entrada e dispositivos DRs nos circuitos de tomadas. Em locais onde há circuitos de

iluminação externa, foi previsto comando automático através de relés fotoelétricos e chave de comando Auto - 0 - Manual.

Os sistemas de iluminação foram previstos para as seguintes instalações:

Tabela 11 - Paineis de iluminação

Local	Painel
Usina Compacta	PL-01
Galpão de Estoque	PL-03
Bloco Administrativo	PL-04
Iluminação Viária	PL-05

Fonte: Próprio autor

8. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou as usinas de RCC como uma solução sustentável para a grande quantidade de resíduos gerados pela construção civil anualmente, e principalmente uma solução para as 200 ton/mês geradas pelas obras de implantação geradas apenas na região de mineração de Carajás.

Após acompanhar o roteiro para a elaboração de um projeto de instalações elétricas foi observado a sua grande complexidade e seu alto nível de detalhamento. Para realização das especificações técnicas, dimensionamentos, e os diversos cálculos necessários, foram utilizados métodos e aprendizados teórico obtidos durante o curso de engenharia elétrica na UFPA – Tucuruí, bem como à experiência e conhecimento de outros colegas profissionais atuantes no projeto, o que foi de essencial contribuição para realização deste trabalho e da minha formação.

De uma maneira geral, pode-se concluir que a elaboração do projeto de instalação elétrica, apresentado neste trabalho, representa um ponto de extrema importância, haja visto que a seleção e o dimensionamento dos equipamentos elétricos são fatores fundamentais para a segurança dos equipamentos e principalmente de seus usuários. Pode-se afirmar também que a utilização de programas computacionais contribui de forma positiva atendendo os propósitos estabelecidos por normas, bem como pela funcionalidade apresentada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. R. P. et al. Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil. Informativo Técnico do Semiárido, Pombal, v. 9, n. 1, p. 39-46, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR nº 15.114a: Resíduos sólidos da construção civil - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 7 p.

BRASIL. Lei Nº 12.305, DE 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, 3 p.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. Instalações elétricas prediais: conforme norma NBR 5410: 2004. [S.l.]: Ed. Érica, 2006. 10, 24, 25, 26, 29, 55

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Banco de Dados 2015. Disponível em: . Acesso em 20 jul. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307/2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Legislação. Brasília, Distrito Federal, Brasil: DOU nº 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, 95-96 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 348/2004: Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Legislação. Brasília, Distrito Federal, Brasil: DOU nº 158, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, 70 p.

COTRIM, Ademaro A. M. B. Instalações Elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CREDER, H. Instalações elétricas. [S.l.]: Livros Tecnicos e Cientificos, 2007. 10, 24, 25, 26, 27

GOEKING, Weruska. Fios e Cabos: Condutores da Evolução Humana. O Setor elétrico. n. 47, 2009, dez.. Disponível em:

<<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materiasrelacionadas/223-fios-e-cabos-condutores-da-evolucao-humana.html>>. Acesso em 09 de jul. 2019.

KAWATOKO, I. E. S; SILVA, C. H. M. Propostas de conscientização ambiental para o descarte irregular de resíduos de construção civil no município de Campinas. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 595-602, 2015.

MELO, A. V. S. Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Ambiental Urbano da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA. 2011.

MOREIRA, Bruno. Coleção elétrica: As histórias e os personagens do mundo das instalações elétricas. São Paulo: Atitude Editorial, v. 2, [2008].

OSRAM. Manual Luminotécnico Prático. 2000. Disponível em <[http://www.feelt.ufu.br/pastas/EID/3.42___Manual_Luminotecnico_Pratico_OSRAM_\(2000\).pdf](http://www.feelt.ufu.br/pastas/EID/3.42___Manual_Luminotecnico_Pratico_OSRAM_(2000).pdf)>.

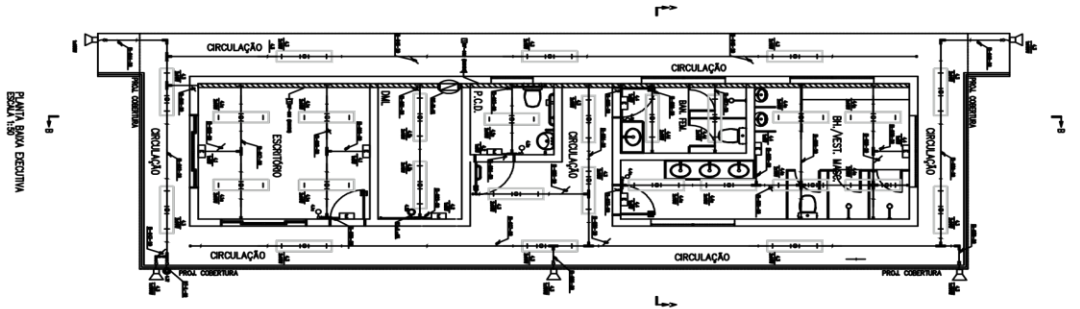
PASCHOALIN FILHO, J.A.; ROMÃO, A.S.; QUARESMA, C.C.; DUARTE, E.B.L.; OLIVEIRA, R.B. Usinas de Reciclagem de Entulho como alternativa na redução dos impactos da Construção Civil: um estudo de caso da usina Cabuçu. Anais... In: XVI ENGEMA, São Paulo, 2014.

PRYSMIAN. Cabos Energia: Construção e Dimensionamento. v. 1, 2012.

SILVA, S.F.P. Lâmpadas Elétricas e Luminotécnica. 2006. Apostila disciplina de instalações elétricas – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2006.

WASTE er RESOURCES ACTION PROGRAMME (WRAP). Quality protocol for the production of aggregates from inert waste. Hihgways Agency, sep. Banbury, 2005, 11 p. Disponível em: http://aggregain.wrap.org.uk/quality/quality_protocols/index.html.

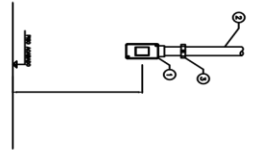
APENDICE A – Planta Bloco Administrativo - Iluminação



Legenda de Símbolos para Iluminação

SÍMBOLO	TIPO DE LÂMPADA	QUANTIDADE	POSICIONAMENTO
1	FLUORESCENTE	1	RECESSADO
2	FLUORESCENTE	1	RECESSADO
3	FLUORESCENTE	1	RECESSADO
4	FLUORESCENTE	1	RECESSADO
5	FLUORESCENTE	1	RECESSADO

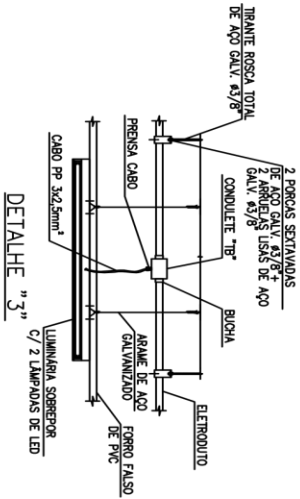
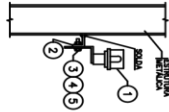
DI-11-05
SÍMBOLO



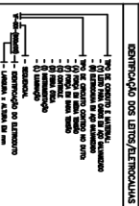
1. PÓS DIMENSIONES E QUANTIDADE COMPONENTES PRINCIPAIS

ITEM	DESCRIÇÃO	DIMENSÃO (MM)	QTD
1	ANELA DE PRESSÃO DE AÇO GALVANIZADO	1/4"	1
2	ARRUELA LATA DE AÇO GALVANIZADO	1/4"	3
3	ARRUELA DE CROMO DE AÇO GALVANIZADO	1/4"	1
4	PARAFUSO DE AÇO INOX	1/4"	1
5	ANEL PROTETOR	1/4"	1

DI-11-08
SÍMBOLO



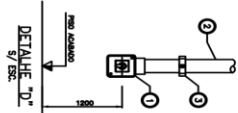
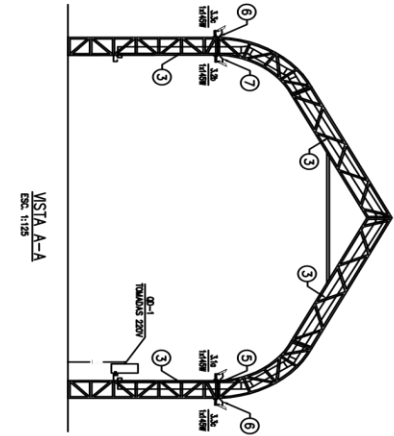
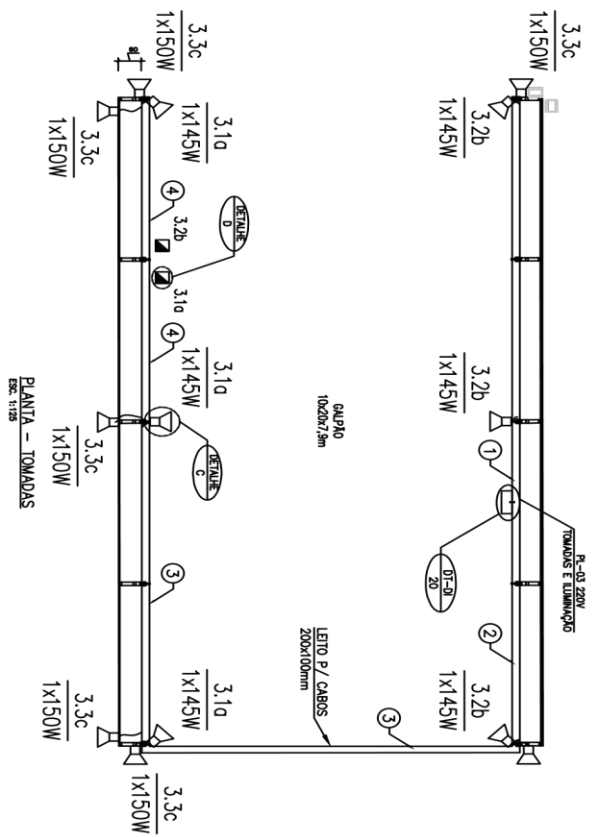
ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS



REVISÃO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
01	ELABORAÇÃO DO PROJETO	10/10/2010
02	REVISÃO	10/10/2010
03	REVISÃO	10/10/2010
04	REVISÃO	10/10/2010
05	REVISÃO	10/10/2010
06	REVISÃO	10/10/2010
07	REVISÃO	10/10/2010
08	REVISÃO	10/10/2010
09	REVISÃO	10/10/2010
10	REVISÃO	10/10/2010

APENDICE C – Planta Galpão de Estoque - Iluminação

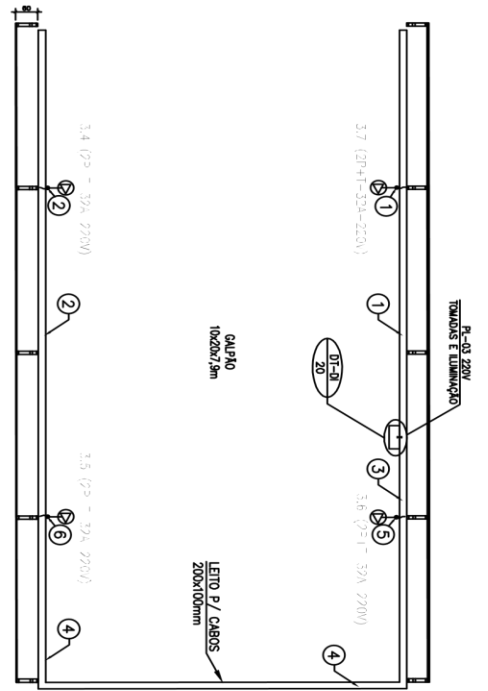


QUADRO DE TROCOS

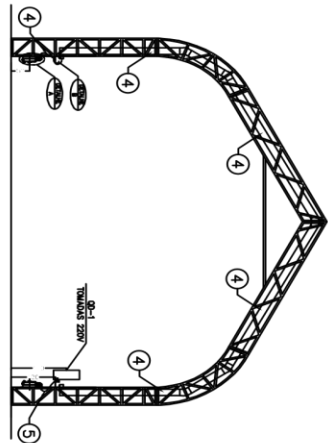
12	13
14	15
16	17
18	19
20	21
22	23
24	25
26	27
28	29
30	31
32	33
34	35
36	37
38	39
40	41
42	43
44	45
46	47
48	49
50	51
52	53
54	55
56	57
58	59
60	61
62	63
64	65
66	67
68	69
70	71
72	73
74	75
76	77
78	79
80	81
82	83
84	85
86	87
88	89
90	91
92	93
94	95
96	97
98	99
100	101
102	103
104	105
106	107
108	109
110	111
112	113
114	115
116	117
118	119
120	121
122	123
124	125
126	127
128	129
130	131
132	133
134	135
136	137
138	139
140	141
142	143
144	145
146	147
148	149
150	151
152	153
154	155
156	157
158	159
160	161
162	163
164	165
166	167
168	169
170	171
172	173
174	175
176	177
178	179
180	181
182	183
184	185
186	187
188	189
190	191
192	193
194	195
196	197
198	199
200	201
202	203
204	205
206	207
208	209
210	211
212	213
214	215
216	217
218	219
220	221
222	223
224	225
226	227
228	229
230	231
232	233
234	235
236	237
238	239
240	241
242	243
244	245
246	247
248	249
250	251
252	253
254	255
256	257
258	259
260	261
262	263
264	265
266	267
268	269
270	271
272	273
274	275
276	277
278	279
280	281
282	283
284	285
286	287
288	289
290	291
292	293
294	295
296	297
298	299
300	301
302	303
304	305
306	307
308	309
310	311
312	313
314	315
316	317
318	319
320	321
322	323
324	325
326	327
328	329
330	331
332	333
334	335
336	337
338	339
340	341
342	343
344	345
346	347
348	349
350	351
352	353
354	355
356	357
358	359
360	361
362	363
364	365
366	367
368	369
370	371
372	373
374	375
376	377
378	379
380	381
382	383
384	385
386	387
388	389
390	391
392	393
394	395
396	397
398	399
400	401
402	403
404	405
406	407
408	409
410	411
412	413
414	415
416	417
418	419
420	421
422	423
424	425
426	427
428	429
430	431
432	433
434	435
436	437
438	439
440	441
442	443
444	445
446	447
448	449
450	451
452	453
454	455
456	457
458	459
460	461
462	463
464	465
466	467
468	469
470	471
472	473
474	475
476	477
478	479
480	481
482	483
484	485
486	487
488	489
490	491
492	493
494	495
496	497
498	499
500	501
502	503
504	505
506	507
508	509
510	511
512	513
514	515
516	517
518	519
520	521
522	523
524	525
526	527
528	529
530	531
532	533
534	535
536	537
538	539
540	541
542	543
544	545
546	547
548	549
550	551
552	553
554	555
556	557
558	559
560	561
562	563
564	565
566	567
568	569
570	571
572	573
574	575
576	577
578	579
580	581
582	583
584	585
586	587
588	589
590	591
592	593
594	595
596	597
598	599
600	601
602	603
604	605
606	607
608	609
610	611
612	613
614	615
616	617
618	619
620	621
622	623
624	625
626	627
628	629
630	631
632	633
634	635
636	637
638	639
640	641
642	643
644	645
646	647
648	649
650	651
652	653
654	655
656	657
658	659
660	661
662	663
664	665
666	667
668	669
670	671
672	673
674	675
676	677
678	679
680	681
682	683
684	685
686	687
688	689
690	691
692	693
694	695
696	697
698	699
700	701
702	703
704	705
706	707
708	709
710	711
712	713
714	715
716	717
718	719
720	721
722	723
724	725
726	727
728	729
730	731
732	733
734	735
736	737
738	739
740	741
742	743
744	745
746	747
748	749
750	751
752	753
754	755
756	757
758	759
760	761
762	763
764	765
766	767
768	769
770	771
772	773
774	775
776	777
778	779
780	781
782	783
784	785
786	787
788	789
790	791
792	793
794	795
796	797
798	799
800	801
802	803
804	805
806	807
808	809
810	811
812	813
814	815
816	817
818	819
820	821
822	823
824	825
826	827
828	829
830	831
832	833
834	835
836	837
838	839
840	841
842	843
844	845
846	847
848	849
850	851
852	853
854	855
856	857
858	859
860	861
862	863
864	865
866	867
868	869
870	871
872	873
874	875
876	877
878	879
880	881
882	883
884	885
886	887
888	889
890	891
892	893
894	895
896	897
898	899
900	901
902	903
904	905
906	907
908	909
910	911
912	913
914	915
916	917
918	919
920	921
922	923
924	925
926	927
928	929
930	931
932	933
934	935
936	937
938	939
940	941
942	943
944	945
946	947
948	949
950	951
952	953
954	955
956	957
958	959
960	961
962	963
964	965
966	967
968	969
970	971
972	973
974	975
976	977
978	979
980	981
982	983
984	985
986	987
988	989
990	991
992	993
994	995
996	997
998	999
1000	1001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

APENDICE D – Planta Galpão de Estoque - Tomadas



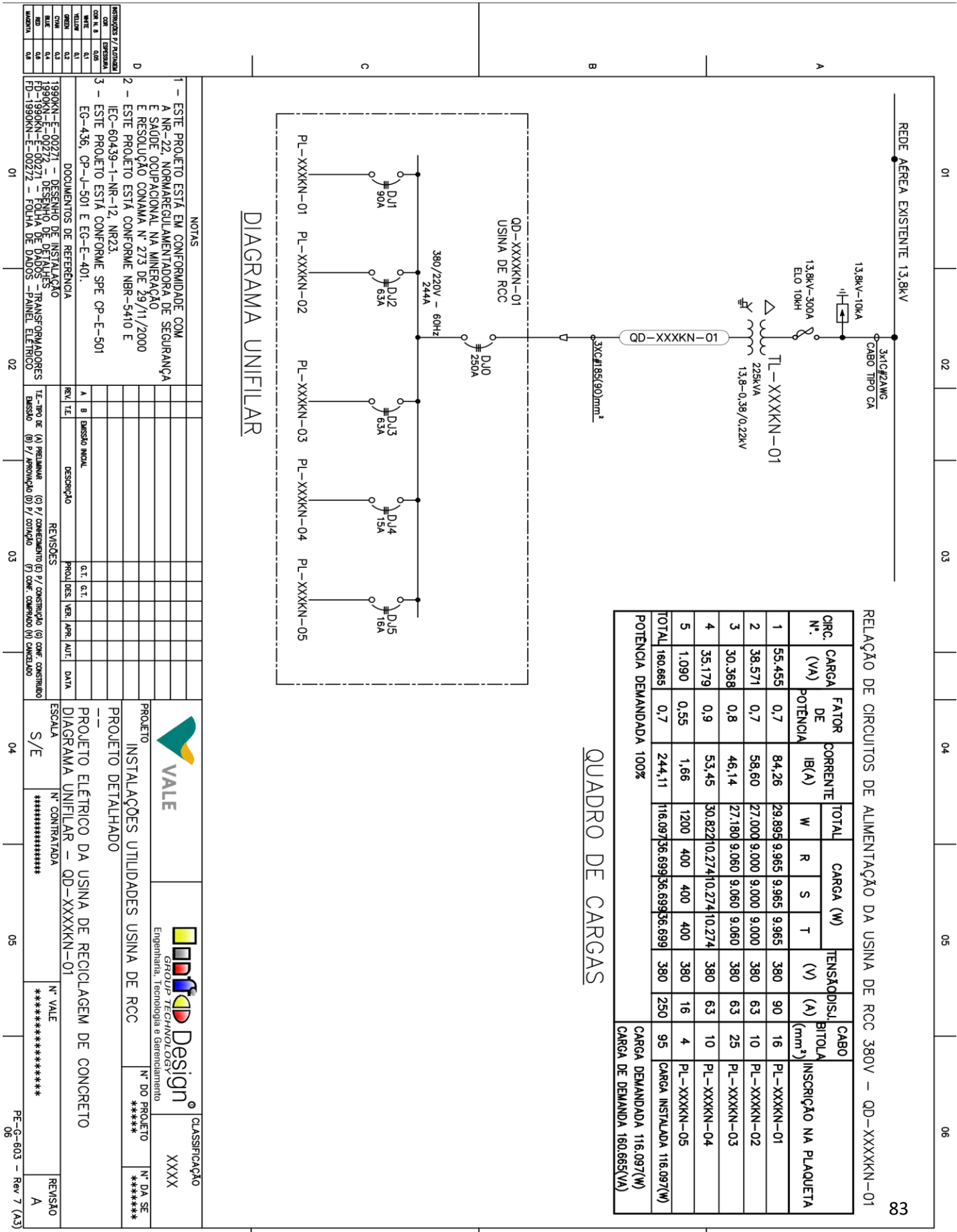
PLANTA - TOMADAS
Esc: 1:125



VISTA A-A
Esc: 1:125

QUADRO DE TÍTULOS	
2	1,2
3	1,4
4	1,5
5	1,6
6	1,7
7	1,8
8	1,9
9	2,0
10	2,1
11	2,2
12	2,3
13	2,4
14	2,5
15	2,6
16	2,7
17	2,8
18	2,9
19	3,0
20	3,1
21	3,2
22	3,3
23	3,4
24	3,5
25	3,6
26	3,7
27	3,8
28	3,9
29	4,0
30	4,1
31	4,2
32	4,3
33	4,4
34	4,5
35	4,6
36	4,7
37	4,8
38	4,9
39	5,0
40	5,1
41	5,2
42	5,3
43	5,4
44	5,5
45	5,6
46	5,7
47	5,8
48	5,9
49	6,0
50	6,1
51	6,2
52	6,3
53	6,4
54	6,5
55	6,6
56	6,7
57	6,8
58	6,9
59	7,0
60	7,1
61	7,2
62	7,3
63	7,4
64	7,5
65	7,6
66	7,7
67	7,8
68	7,9
69	8,0
70	8,1
71	8,2
72	8,3
73	8,4
74	8,5
75	8,6
76	8,7
77	8,8
78	8,9
79	9,0
80	9,1
81	9,2
82	9,3
83	9,4
84	9,5
85	9,6
86	9,7
87	9,8
88	9,9
89	10,0
90	10,1
91	10,2
92	10,3
93	10,4
94	10,5
95	10,6
96	10,7
97	10,8
98	10,9
99	11,0
100	11,1
101	11,2
102	11,3
103	11,4
104	11,5
105	11,6
106	11,7
107	11,8
108	11,9
109	12,0
110	12,1
111	12,2
112	12,3
113	12,4
114	12,5
115	12,6
116	12,7
117	12,8
118	12,9
119	13,0
120	13,1
121	13,2
122	13,3
123	13,4
124	13,5
125	13,6
126	13,7
127	13,8
128	13,9
129	14,0
130	14,1
131	14,2
132	14,3
133	14,4
134	14,5
135	14,6
136	14,7
137	14,8
138	14,9
139	15,0
140	15,1
141	15,2
142	15,3
143	15,4
144	15,5
145	15,6
146	15,7
147	15,8
148	15,9
149	16,0
150	16,1
151	16,2
152	16,3
153	16,4
154	16,5
155	16,6
156	16,7
157	16,8
158	16,9
159	17,0
160	17,1
161	17,2
162	17,3
163	17,4
164	17,5
165	17,6
166	17,7
167	17,8
168	17,9
169	18,0
170	18,1
171	18,2
172	18,3
173	18,4
174	18,5
175	18,6
176	18,7
177	18,8
178	18,9
179	19,0
180	19,1
181	19,2
182	19,3
183	19,4
184	19,5
185	19,6
186	19,7
187	19,8
188	19,9
189	20,0
190	20,1
191	20,2
192	20,3
193	20,4
194	20,5
195	20,6
196	20,7
197	20,8
198	20,9
199	21,0
200	21,1
201	21,2
202	21,3
203	21,4
204	21,5
205	21,6
206	21,7
207	21,8
208	21,9
209	22,0
210	22,1
211	22,2
212	22,3
213	22,4
214	22,5
215	22,6
216	22,7
217	22,8
218	22,9
219	23,0
220	23,1
221	23,2
222	23,3
223	23,4
224	23,5
225	23,6
226	23,7
227	23,8
228	23,9
229	24,0
230	24,1
231	24,2
232	24,3
233	24,4
234	24,5
235	24,6
236	24,7
237	24,8
238	24,9
239	25,0
240	25,1
241	25,2
242	25,3
243	25,4
244	25,5
245	25,6
246	25,7
247	25,8
248	25,9
249	26,0
250	26,1
251	26,2
252	26,3
253	26,4
254	26,5
255	26,6
256	26,7
257	26,8
258	26,9
259	27,0
260	27,1
261	27,2
262	27,3
263	27,4
264	27,5
265	27,6
266	27,7
267	27,8
268	27,9
269	28,0
270	28,1
271	28,2
272	28,3
273	28,4
274	28,5
275	28,6
276	28,7
277	28,8
278	28,9
279	29,0
280	29,1
281	29,2
282	29,3
283	29,4
284	29,5
285	29,6
286	29,7
287	29,8
288	29,9
289	30,0
290	30,1
291	30,2
292	30,3
293	30,4
294	30,5
295	30,6
296	30,7
297	30,8
298	30,9
299	31,0
300	31,1
301	31,2
302	31,3
303	31,4
304	31,5
305	31,6
306	31,7
307	31,8
308	31,9
309	32,0
310	32,1
311	32,2
312	32,3
313	32,4
314	32,5
315	32,6
316	32,7
317	32,8
318	32,9
319	33,0
320	33,1
321	33,2
322	33,3
323	33,4
324	33,5
325	33,6
326	33,7
327	33,8
328	33,9
329	34,0
330	34,1
331	34,2
332	34,3
333	34,4
334	34,5
335	34,6
336	34,7
337	34,8
338	34,9
339	35,0
340	35,1
341	35,2
342	35,3
343	35,4
344	35,5
345	35,6
346	35,7
347	35,8
348	35,9
349	36,0
350	36,1
351	36,2
352	36,3
353	36,4
354	36,5
355	36,6
356	36,7
357	36,8
358	36,9
359	37,0
360	37,1
361	37,2
362	37,3
363	37,4
364	37,5
365	37,6
366	37,7
367	37,8
368	37,9
369	38,0
370	38,1
371	38,2
372	38,3
373	38,4
374	38,5
375	38,6
376	38,7
377	38,8
378	38,9
379	39,0
380	39,1
381	39,2
382	39,3
383	39,4
384	39,5
385	39,6
386	39,7
387	39,8
388	39,9
389	40,0
390	40,1
391	40,2
392	40,3
393	40,4
394	40,5
395	40,6
396	40,7
397	40,8
398	40,9
399	41,0
400	41,1
401	41,2
402	41,3
403	41,4
404	41,5
405	41,6
406	41,7
407	41,8
408	41,9
409	42,0
410	42,1
411	42,2
412	42,3
413	42,4
414	42,5
415	42,6
416	42,7
417	42,8
418	42,9
419	43,0
420	43,1
421	43,2
422	43,3
423	43,4
424	43,5
425	43,6
426	43,7
427	43,8
428	43,9
429	44,0
430	44,1
431	44,2
432	44,3
433	44,4
434	44,5
435	44,6
436	44,7
437	44,8
438	44,9
439	45,0
440	45,1
441	45,2
442	45,3
443	45,4
444	45,5
445	45,6
446	45,7
447	45,8
448	45,9
449	46,0
450	46,1
451	46,2
452	46,3
453	46,4
454	46,5
455	46,6
456	46,7
457	46,8
458	46,9
459	47,0
460	47,1
461	47,2
462	47,3
463	47,4
464	47,5
465	47,6
466	47,7
467	47,8
468</	

APENDICE J – Diagrama Unifilar do Quadro Geral



RELAÇÃO DE CIRCUITOS DE ALIMENTAÇÃO DA USINA DE RCC 380V – QD-XXXXKN-01

CIRC. N.º	CARGA (VA)	FATOR DE POTENCIA	CORRENTE IB(A)	CARGA (W)				TENSÃO DIS. (V)	CORRENTE (A)	CABO BITOLA (mm²)	INSCRIÇÃO NA PLAQUETA		
				TOTAL	R	S	T						
1	55.455	0,7	84,26	29.895	9.965	9.965	9.965	380	90	16	PL-XXXXKN-01		
2	38.571	0,7	58,60	27.000	9.000	9.000	9.000	380	63	10	PL-XXXXKN-02		
3	30.368	0,8	46,14	27.180	9.060	9.060	9.060	380	63	25	PL-XXXXKN-03		
4	35.179	0,9	53,45	30.822	10.274	10.274	10.274	380	63	10	PL-XXXXKN-04		
5	1.090	0,55	1,66	1200	400	400	400	380	16	4	PL-XXXXKN-05		
TOTAL				160.665	244,11	116.097	36.699	36.699	36.699	380	250	95	CARGA DEMANDADA 116.097(W) CARGA DE DEMANDA 160.665(VA)

QUADRO DE CARGAS

DIAGRAMA UNIFILAR

NOTAS

- 1 - ESTE PROJETO ESTÁ EM CONFORMIDADE COM A NR-22, NORMAREGULAMENTADORA DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO E RESOLUÇÃO CONAMA N.º 273 DE 29/11/2000
- 2 - ESTE PROJETO ESTÁ CONFORME NBR-5410 E IEC-60439-1-NR-12, NR23.
- 3 - ESTE PROJETO ESTÁ CONFORME SPE CP-E-501 EG-436, CP-U-501 E EG-E-401.

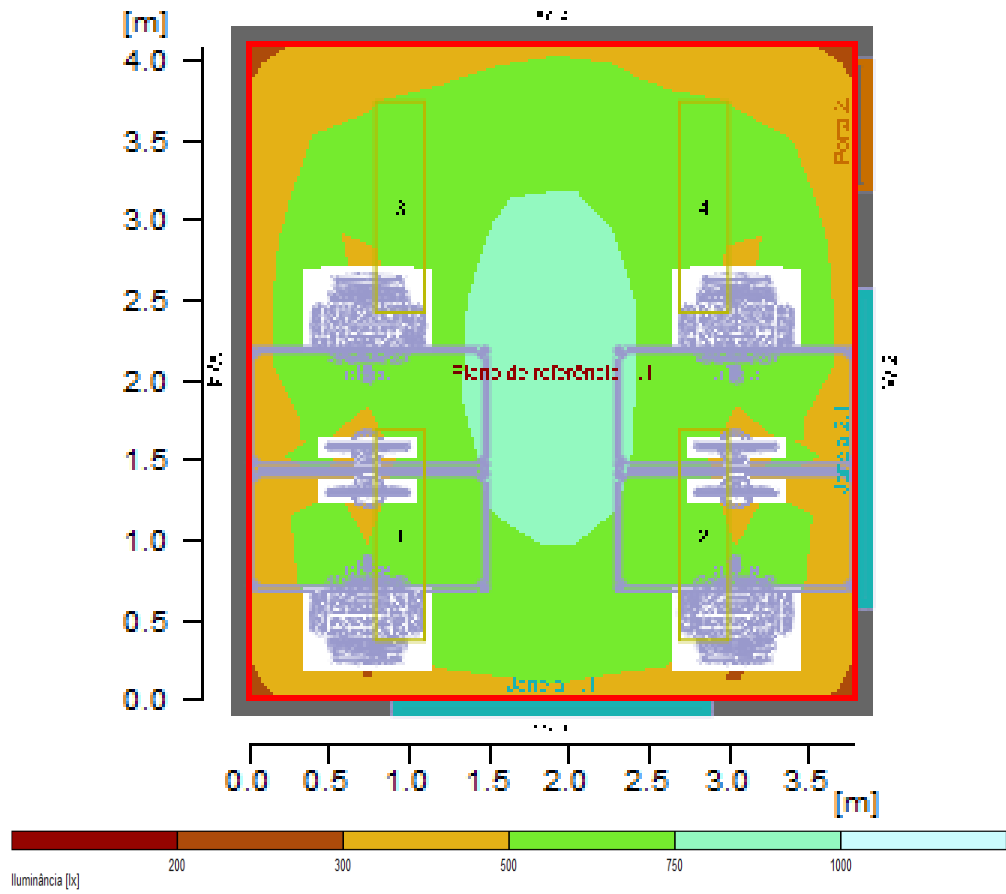
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1990KN-E-00271 - DESENHO DE INSTALAÇÃO
- 1990KN-E-00272 - DESENHO DE DETALHES
- FD-1990KN-E-00271 - FOLHA DE DADOS - TRANSFORMADORES
- FD-1990KN-E-00272 - FOLHA DE DADOS - PAINEL ELÉTRICO

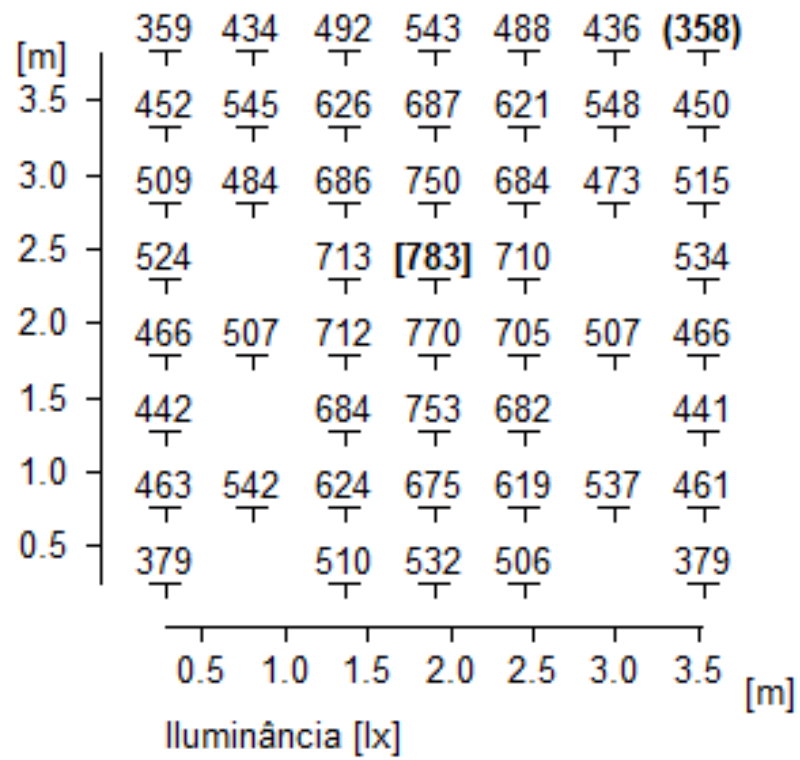
				CLASSIFICAÇÃO	
PROJETO INSTALAÇÕES UTILIDADES USINA DE RCC PROJETO DETALHADO		Engenharia, Tecnologia e Gerenciamento		XXXX	
PROJETO ELÉTRICO DA USINA DE RECICLAGEM DE CONCRETO DIAGRAMA UNIFILAR – QD-XXXXKN-01		PROJETO		Nº DO PROJETO *****	
ESCALA S/E		Nº CONTRATADA *****		Nº DA SE *****	
Nº VALE *****		Nº DO PROJETO *****		Nº DA SE *****	
REVISÃO A		REVISÃO A		REVISÃO A	

REVISÕES / ATIVIDADES	
CON. E	CON. E
CON. B	CON. B
CON. A	CON. A
CON. D	CON. D
CON. C	CON. C
CON. F	CON. F
CON. G	CON. G
CON. H	CON. H
CON. I	CON. I
CON. J	CON. J
CON. K	CON. K
CON. L	CON. L
CON. M	CON. M
CON. N	CON. N
CON. O	CON. O
CON. P	CON. P
CON. Q	CON. Q
CON. R	CON. R
CON. S	CON. S
CON. T	CON. T
CON. U	CON. U
CON. V	CON. V
CON. W	CON. W
CON. X	CON. X
CON. Y	CON. Y
CON. Z	CON. Z

APENDICE K – Superfície de Avaliação - Escritório



APENDICE L – Gráfico Ponto a Ponto - Escritório

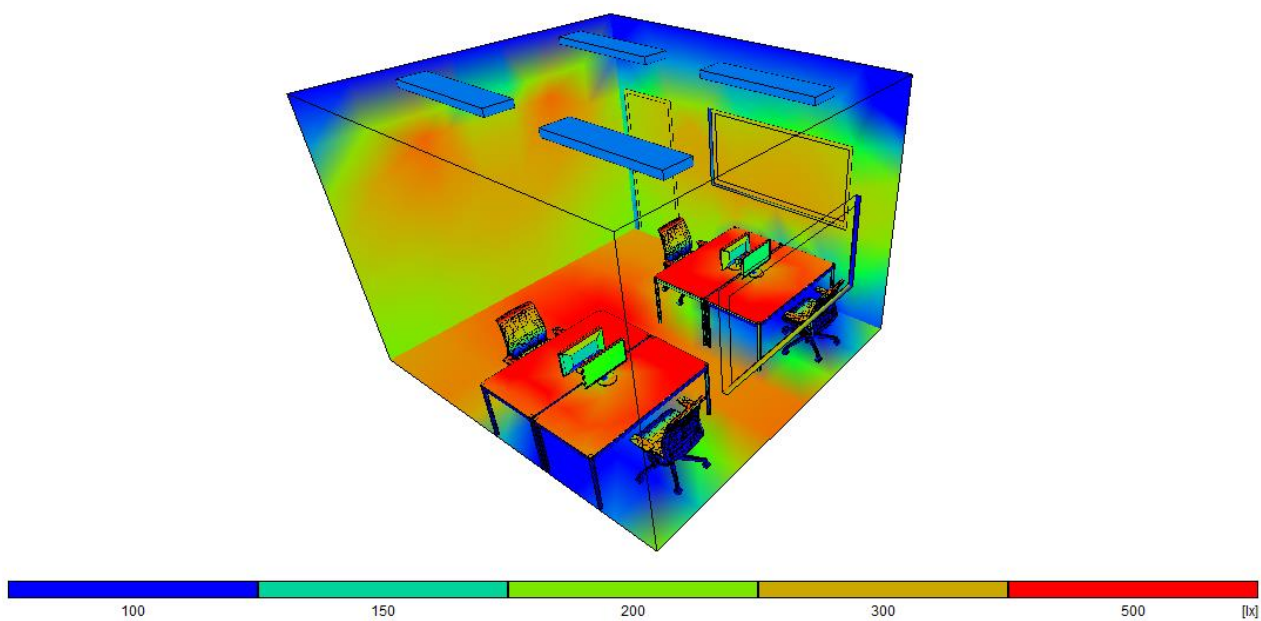


APENDICE M – Resultados Escritório

Figura XX: Resultados

Altura do plano de referência		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 555 lx
Iluminância mínima	Emin	: 358 lx
Iluminância máxima	Emax	: 783 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 1.55 (0.64)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 2.19 (0.46)

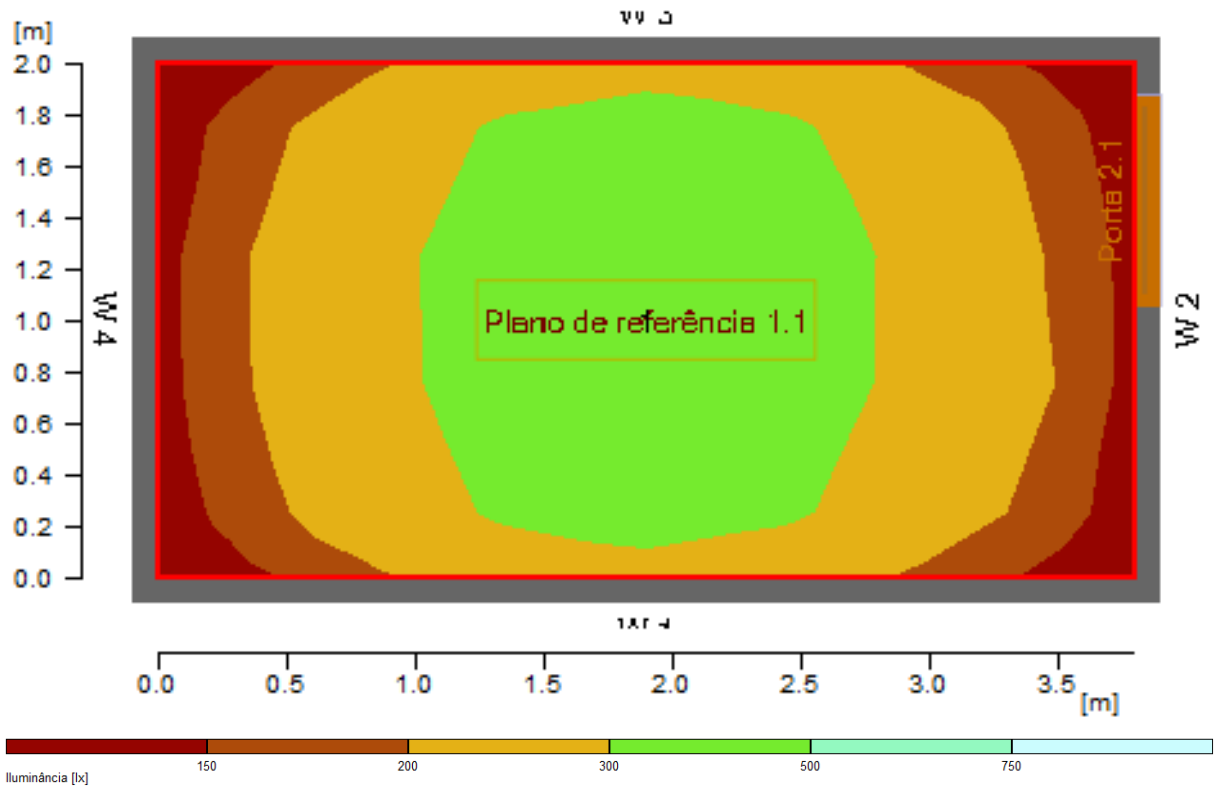
APENDICE N – Gráfico Cores Falsas 3D - Escritório



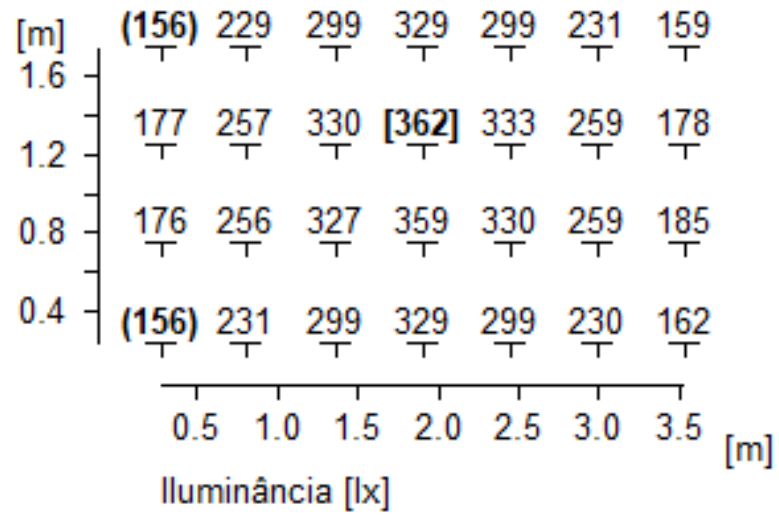
APENDICE O – Gráfico Luminância 3D - Escritório



APENDICE P – Superfície de Avaliação - DML



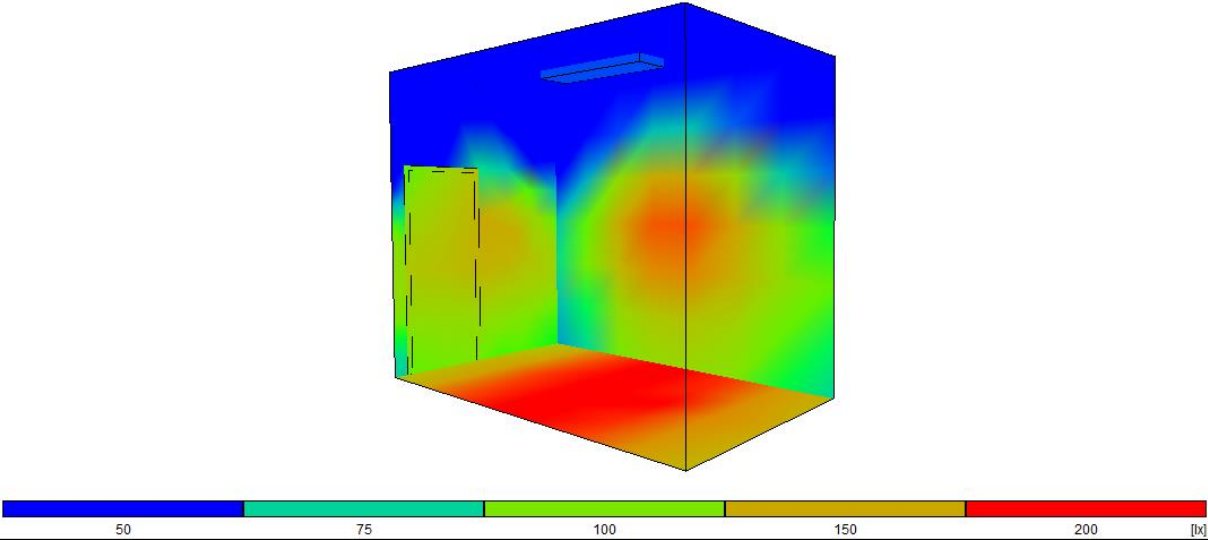
APENDICE Q – Gráfico Ponto a Ponto - DML



APENDICE R – Resultados - DML

Altura do plano de referência		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 257 lx
Iluminância mínima	Emin	: 156 lx
Iluminância máxima	Emax	: 362 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 1.65 (0.61)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 2.32 (0.43)

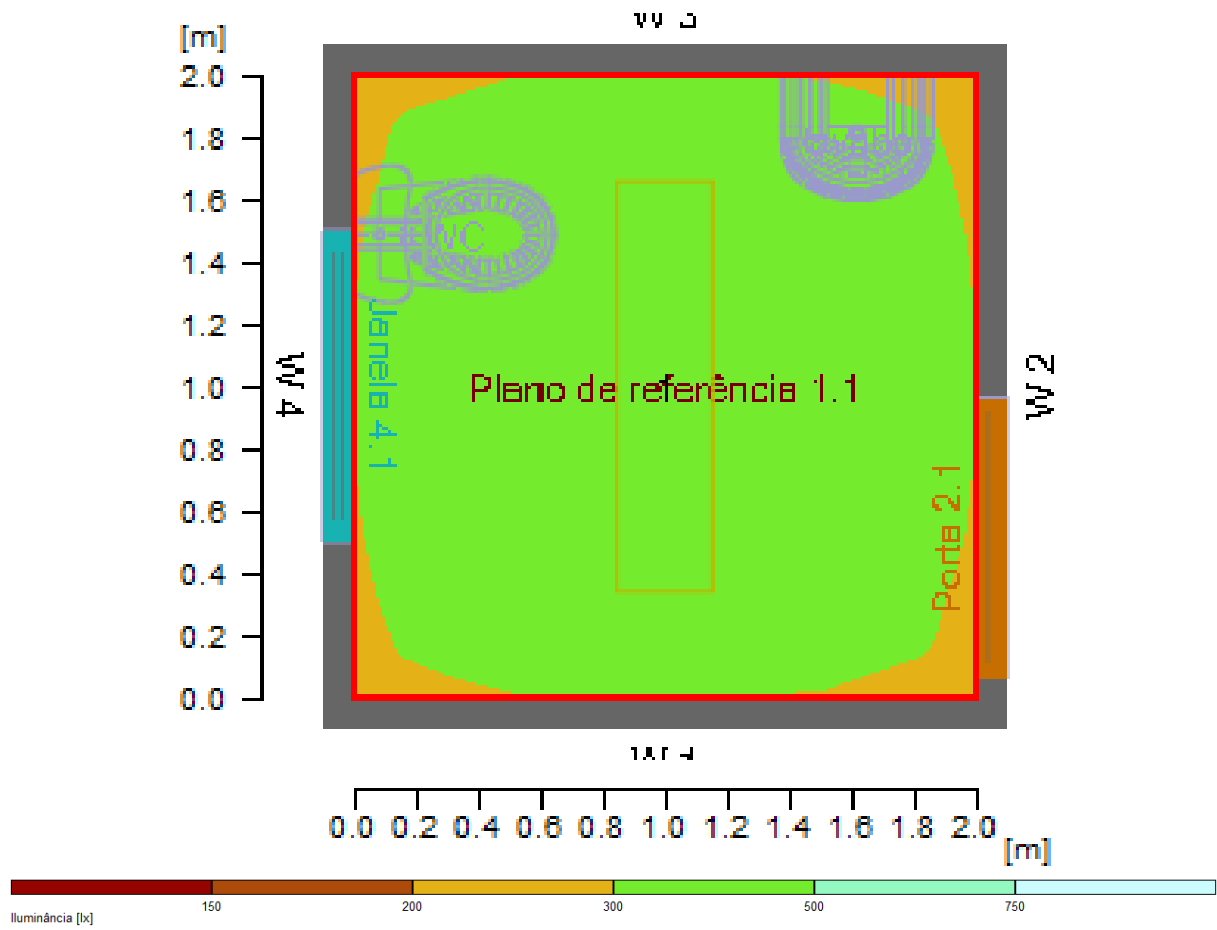
APENDICE S – Gráfico Cores Falsas 3D - DML



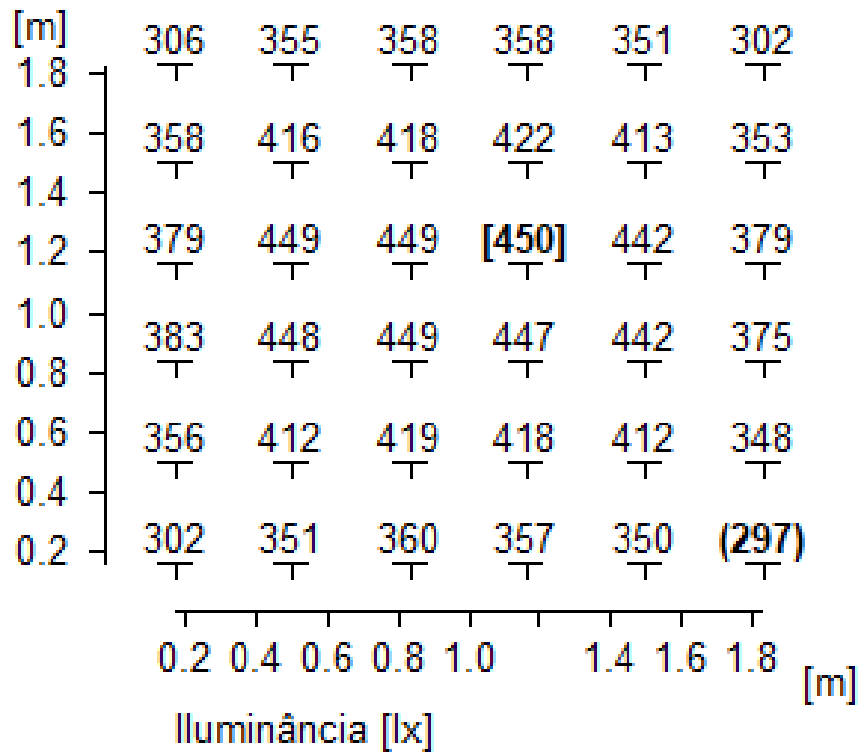
APENDICE T – Gráfico de Luminância 3D – DML



APENDICE U – Superfície de Avaliação – PCD



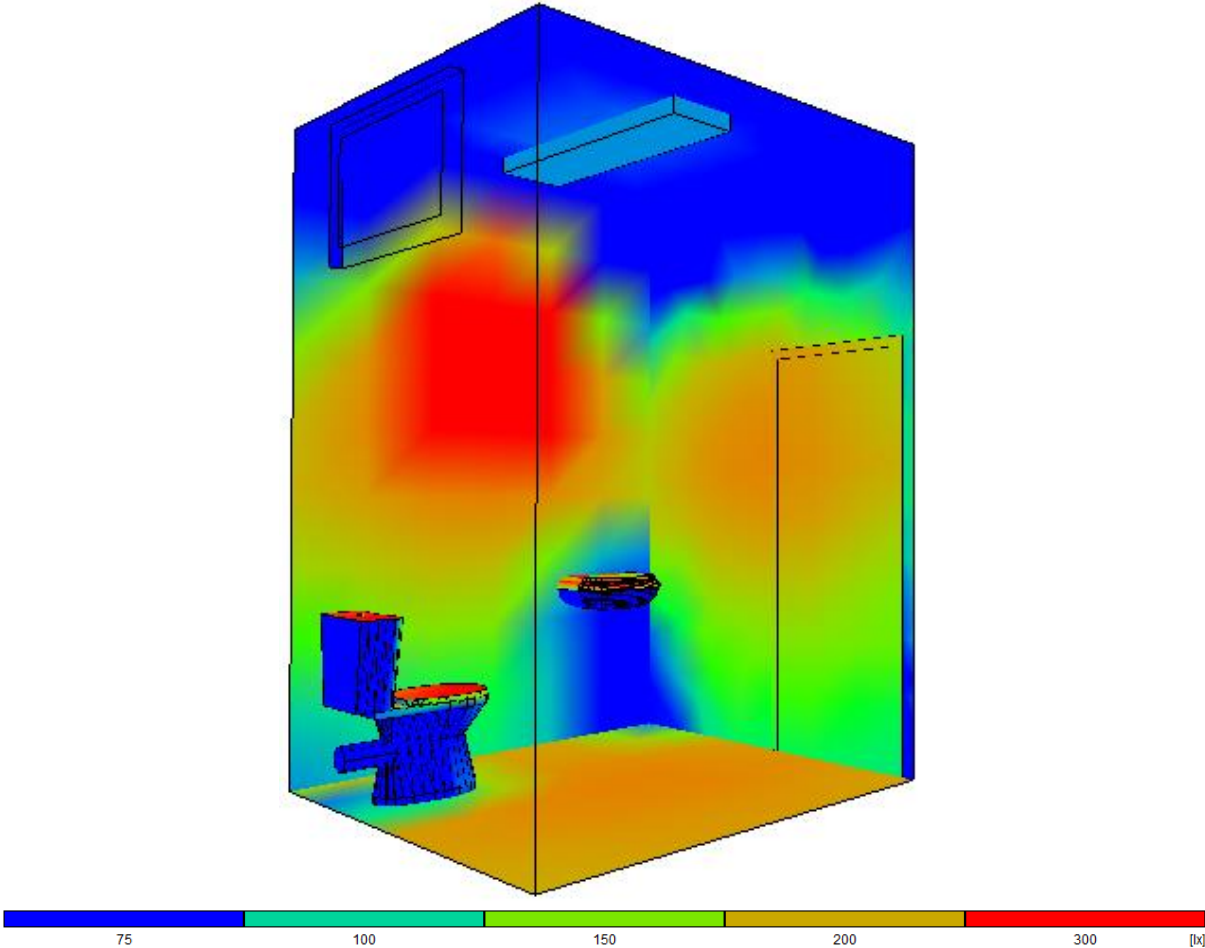
APENDICE V – Gráfico Ponto a Ponto – PCD



APENDICE W – Resultados – PCD

Altura do plano de referência		: 0.90 m
Iluminância média	Em	: 386 lx
Iluminância mínima	Emin	: 297 lx
Iluminância máxima	Emax	: 450 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 1.30 (0.77)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.52 (0.66)

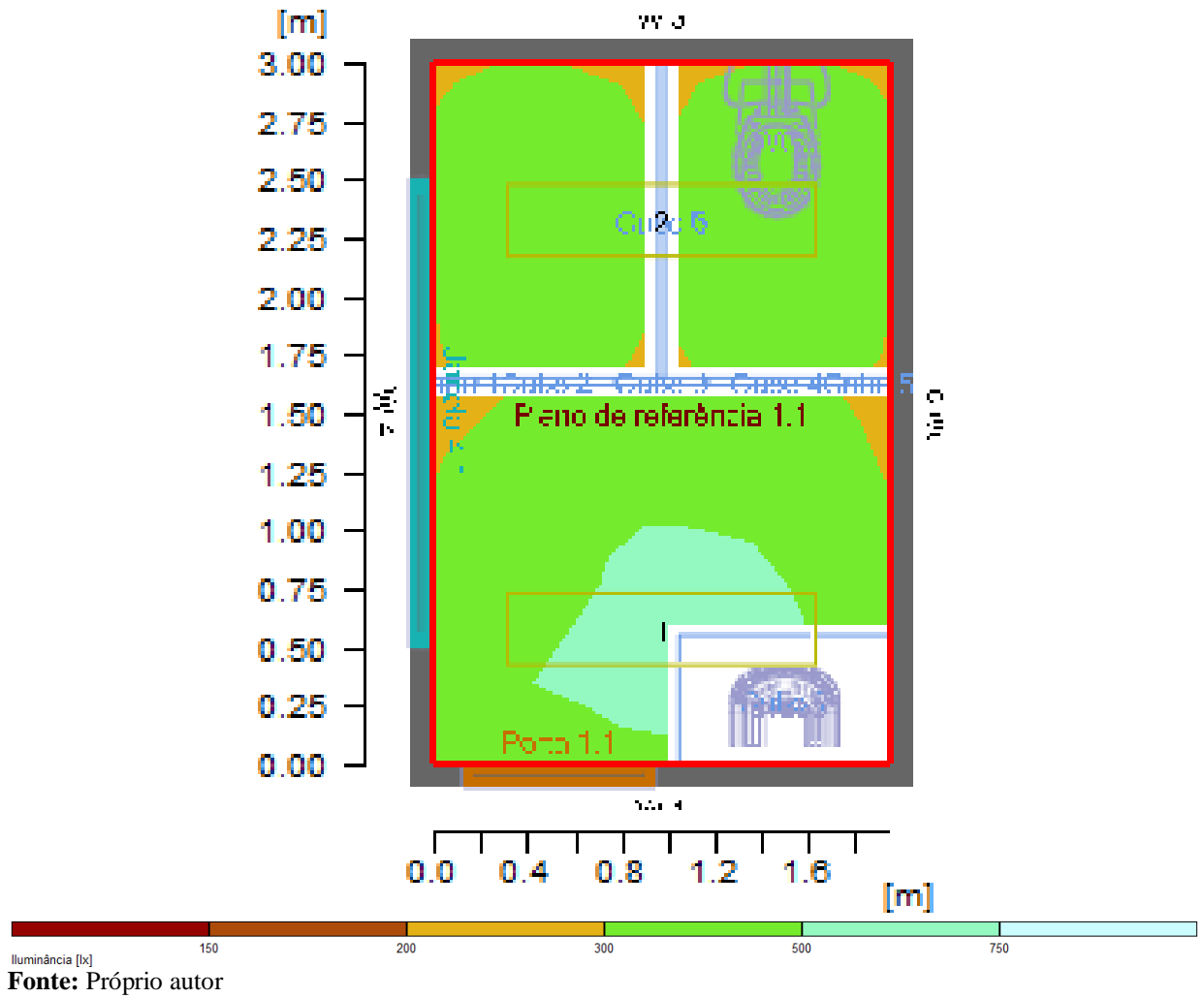
APENDICE X – Gráfico 3D Cores Falsas – PCD



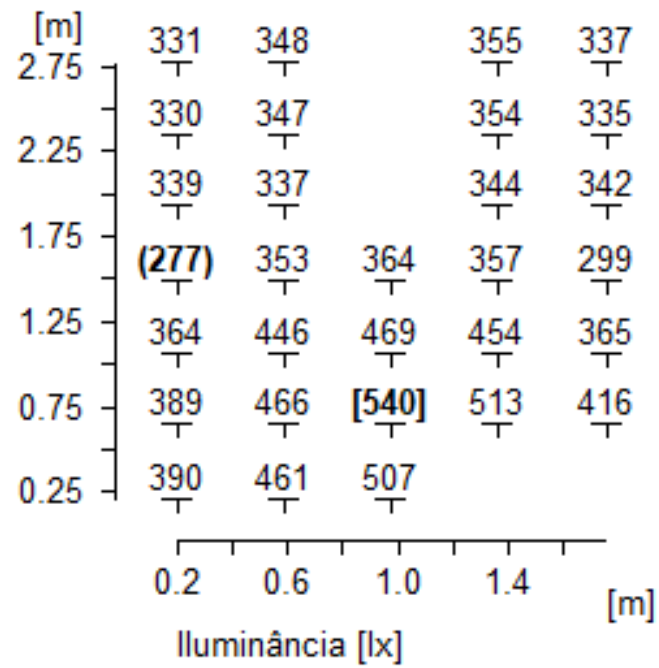
APENDICE Y – Gráfico Luminância 3D – PCD



APENDICE Z – Superfície de Avaliação – I.S. Feminino



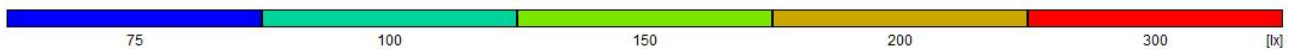
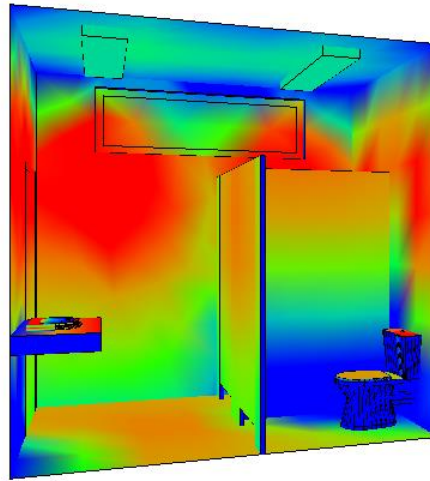
APENDICE A2 – Gráfico Ponto a Ponto – I.S. Feminino



APENDICE B2 – Resultados – I.S. Feminino

Altura do plano de referência		: 0.90 m
Iluminância média	Em	: 384 lx
Iluminância mínima	Emin	: 277 lx
Iluminância máxima	E _{max}	: 540 lx
Uniformidade U _o	E _{min} /E _m	: 1 : 1.39 (0.72)
Uniformidade U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 1.95 (0.51)

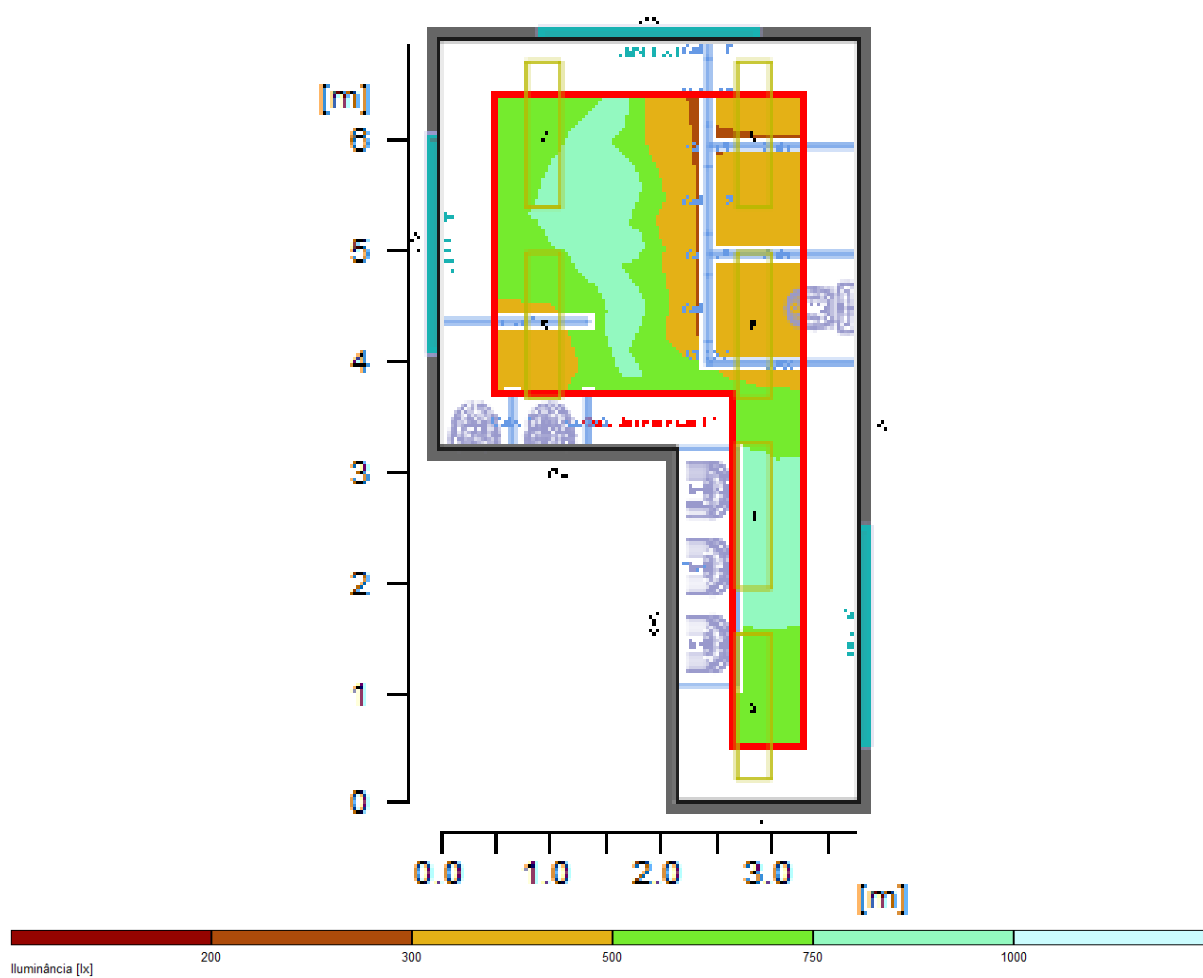
APENDICE C2 – Gráfico Cores Falsas 3D – I.S. Feminino



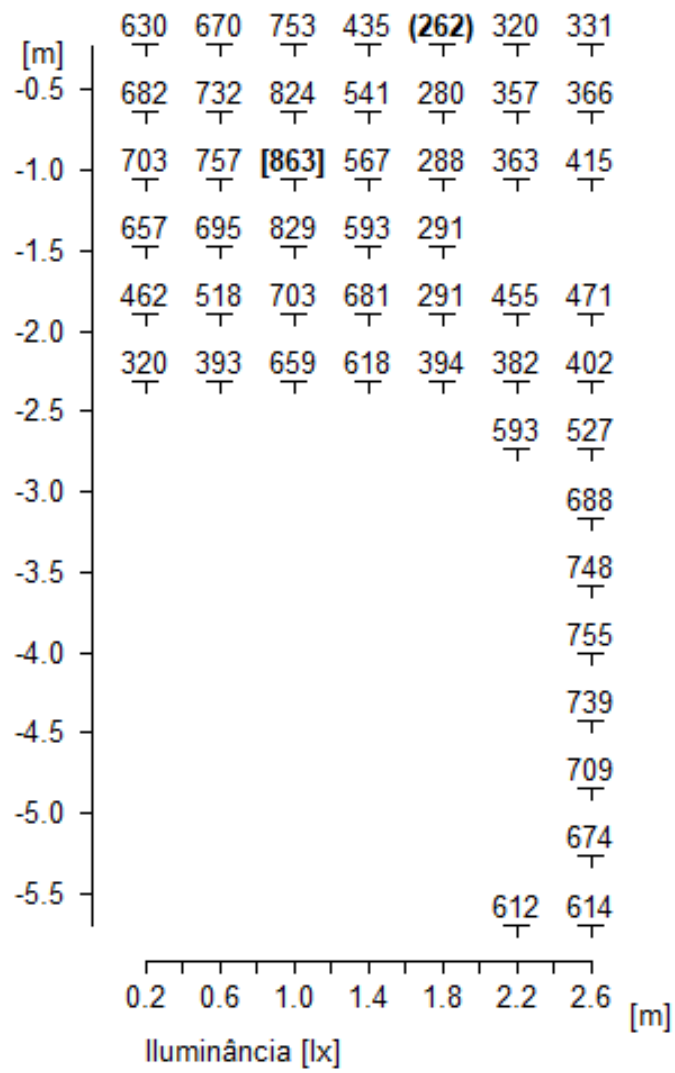
APENDICE D2 – Gráfico Luminância 3D – I.S. Feminino



APENDICE F2 – Superfície de Avaliação – I.S. Masculino



APENDICE G2 – Gráfico Ponto a Ponto – I.S. Masculino



APENDICE H2 – Resultados – I.S. Masculino

Altura do plano de referência		: 0.90 m
Iluminância média	Em	: 552 lx
Iluminância mínima	Emin	: 262 lx
Iluminância máxima	E _{max}	: 863 lx
Uniformidade U _o	E _{min} /E _m	: 1 : 2.11 (0.47)
Uniformidade U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 3.30 (0.30)

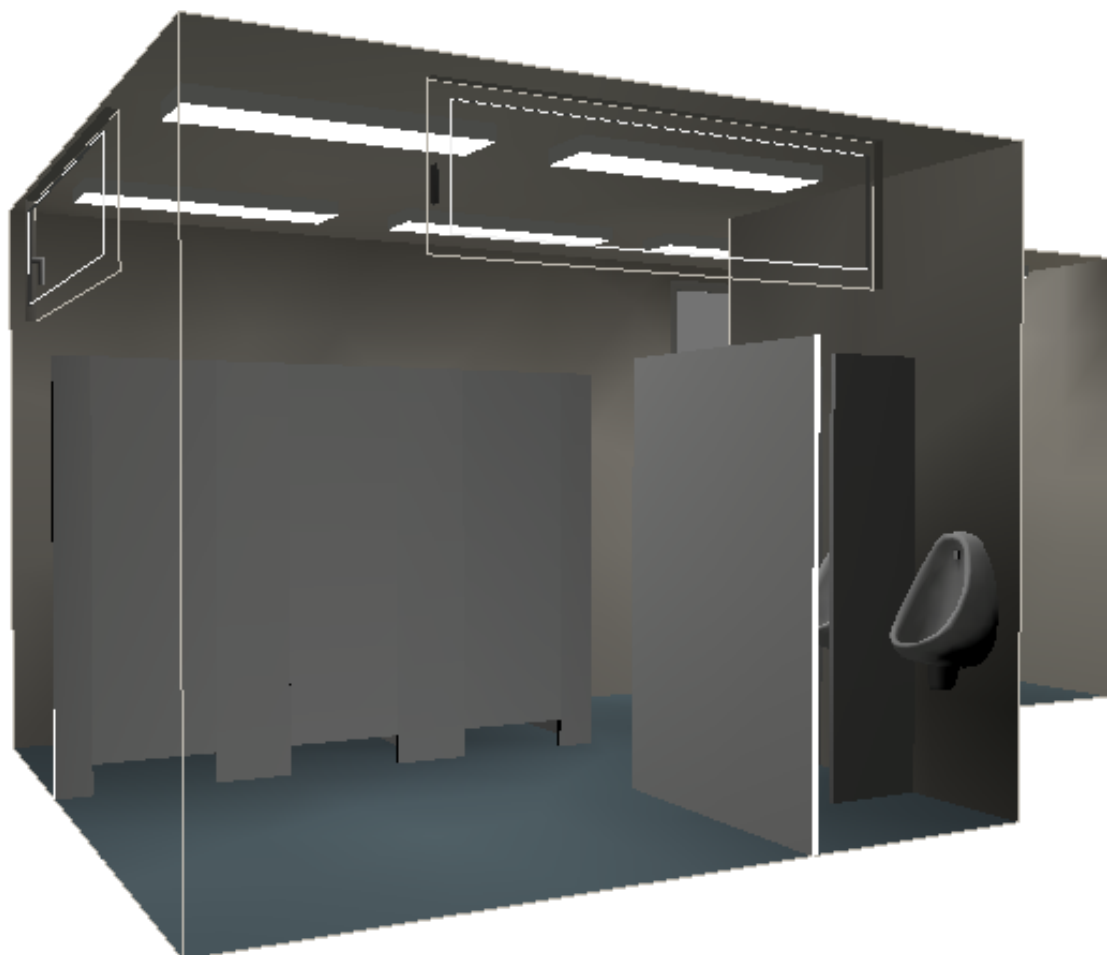
APENDICE I2 – Gráfico 3D Cores Falsas – I.S. Masculino



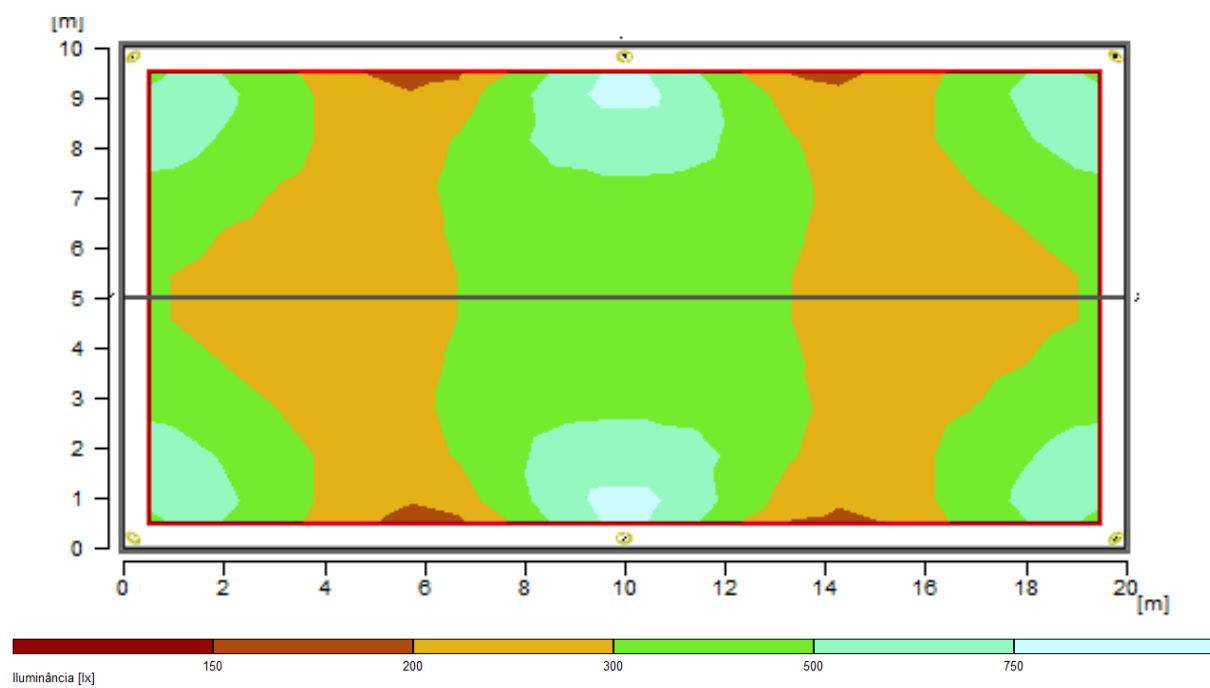
APENDICE J2 – Gráfico Luminância 3D, Vista 1 – I.S. Masculino



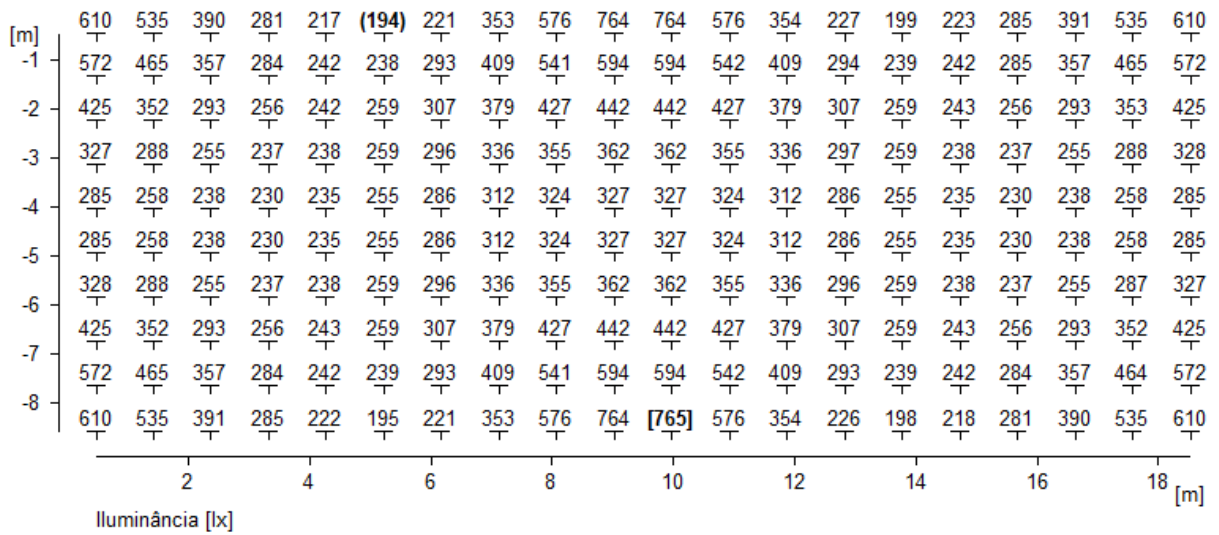
APENDICE K2 – Gráfico Luminância 3D, Vista 2 – I.S. Masculino



APENDICE L2 – Superfície de Avaliação – Galpão



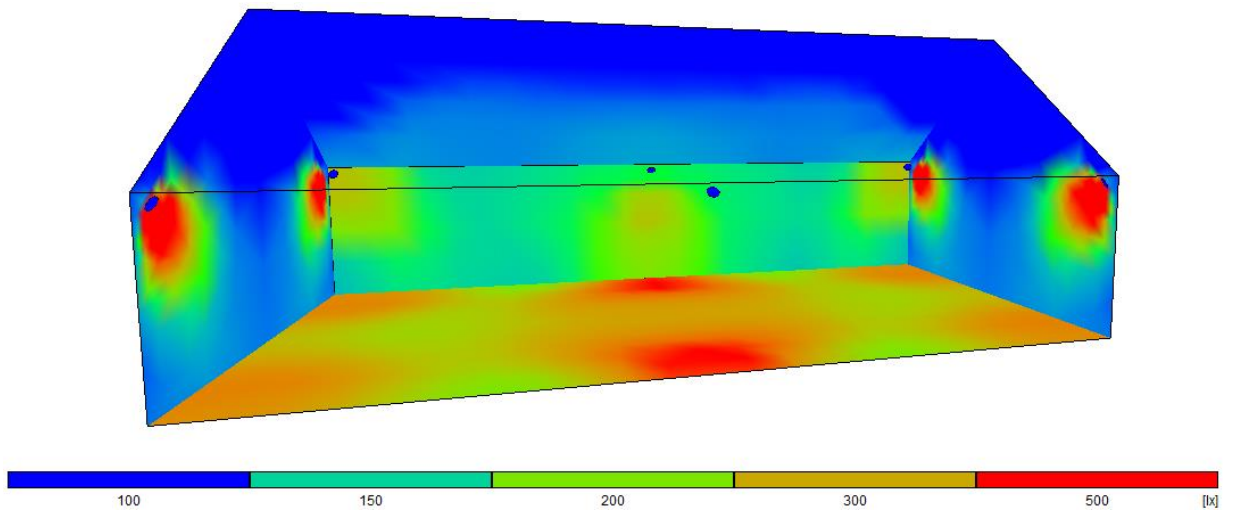
APENDICE M2 – Gráfico Ponto a Ponto – Galpão



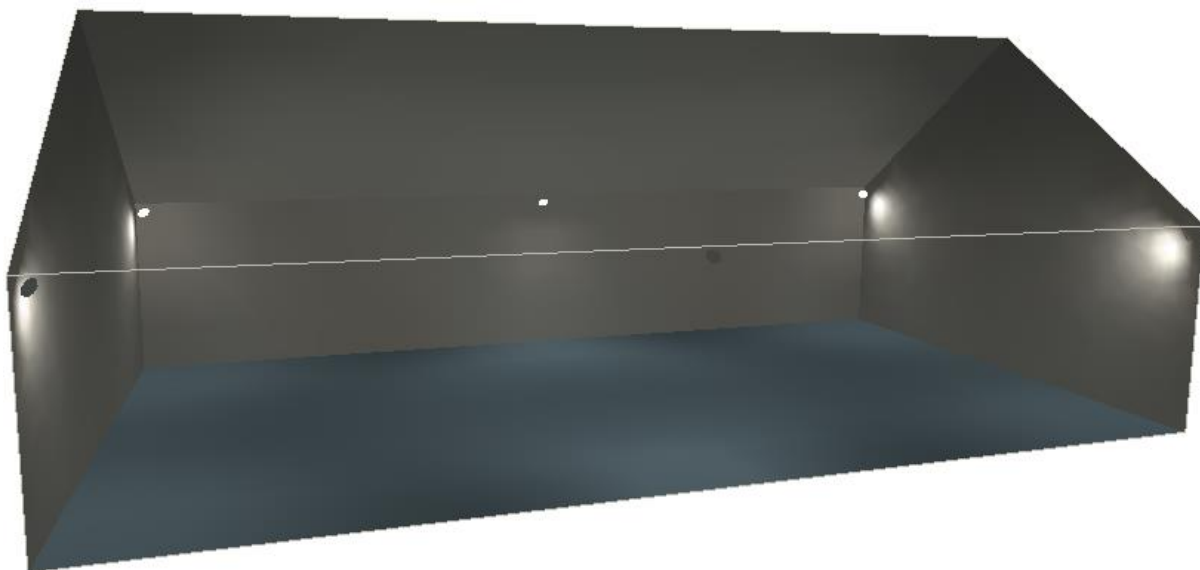
APENDICE N2 – Resultados – Galpão

Altura do plano de referência		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 345 lx
Iluminância mínima	Emin	: 194 lx
Iluminância máxima	E _{max}	: 765 lx
Uniformidade U _o	E _{min} /E _m	: 1 : 1.78 (0.56)
Uniformidade U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 3.95 (0.25)

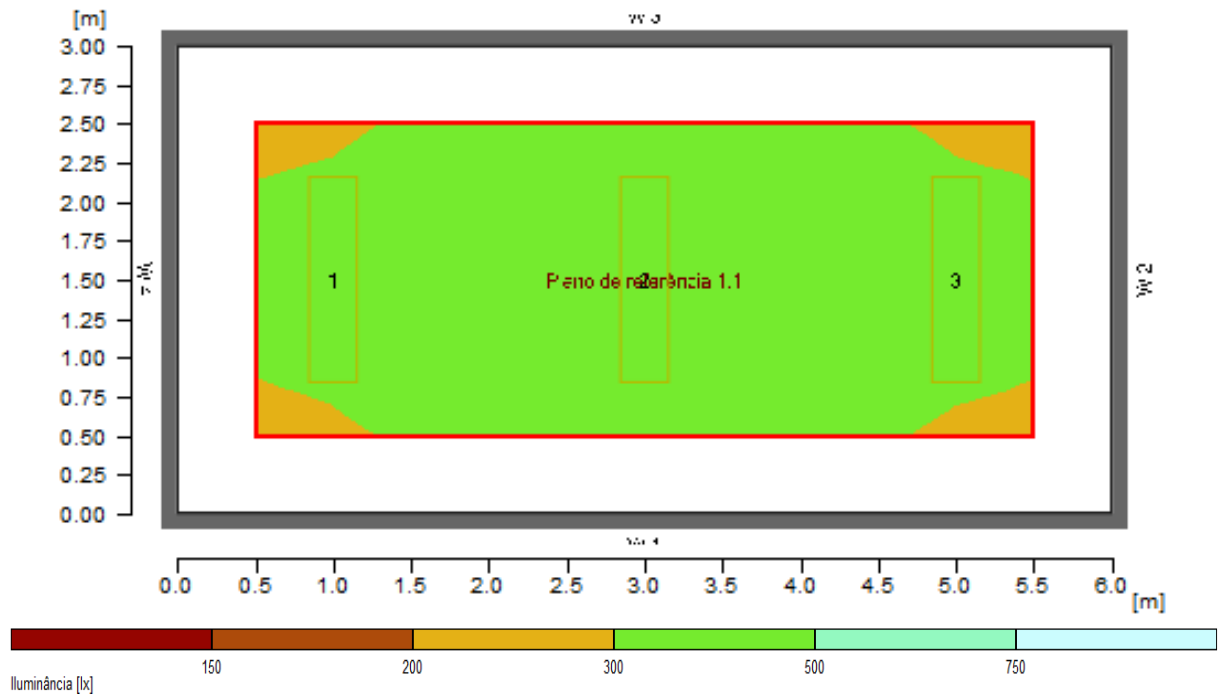
APENDICE O2 – Gráfico Cores Falsas 3D – Galpão



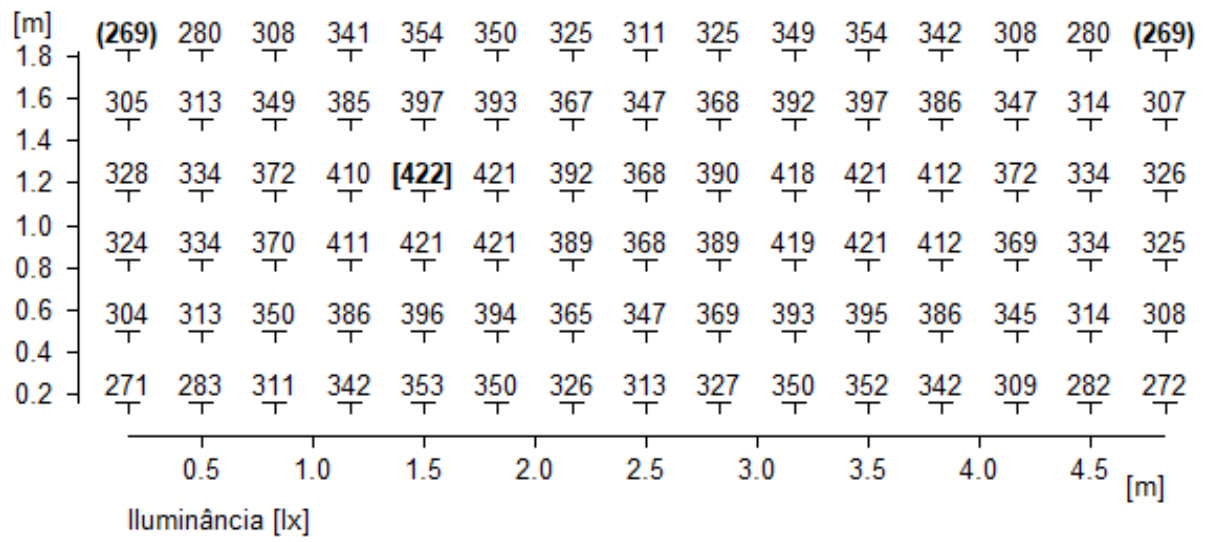
APENDICE P2 – Gráfico Luminância 3D – Galpão



APENDICE Q2 – Superfície de Avaliação – Triagem



APENDICE R2 – Gráfico Ponto a Ponto – Triagem

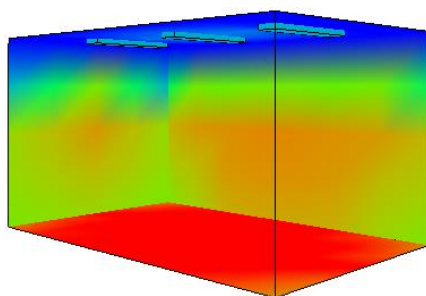


APENDICE S2 – Resultados – Triagem

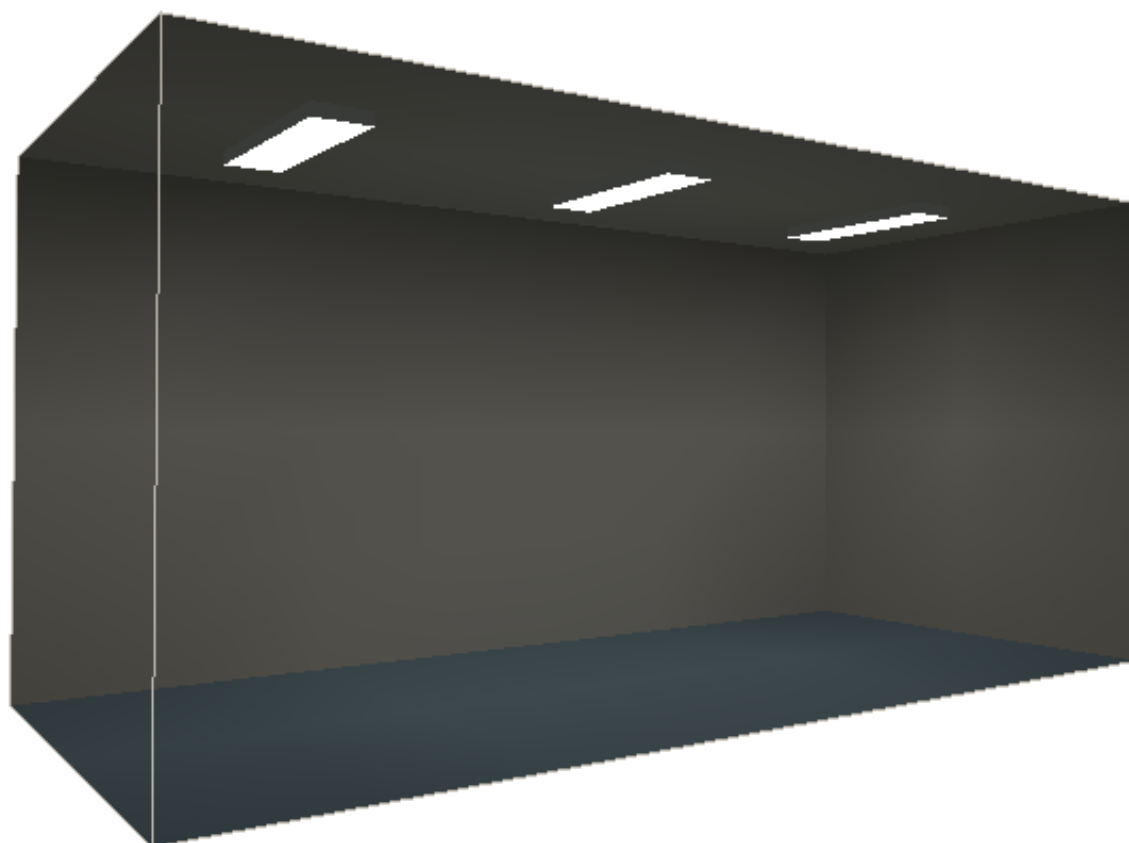
Figura XX: Resultados

Altura do plano de referência		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 352 lx
Iluminância mínima	Emin	: 269 lx
Iluminância máxima	Emax	: 422 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 1.31 (0.76)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.57 (0.64)

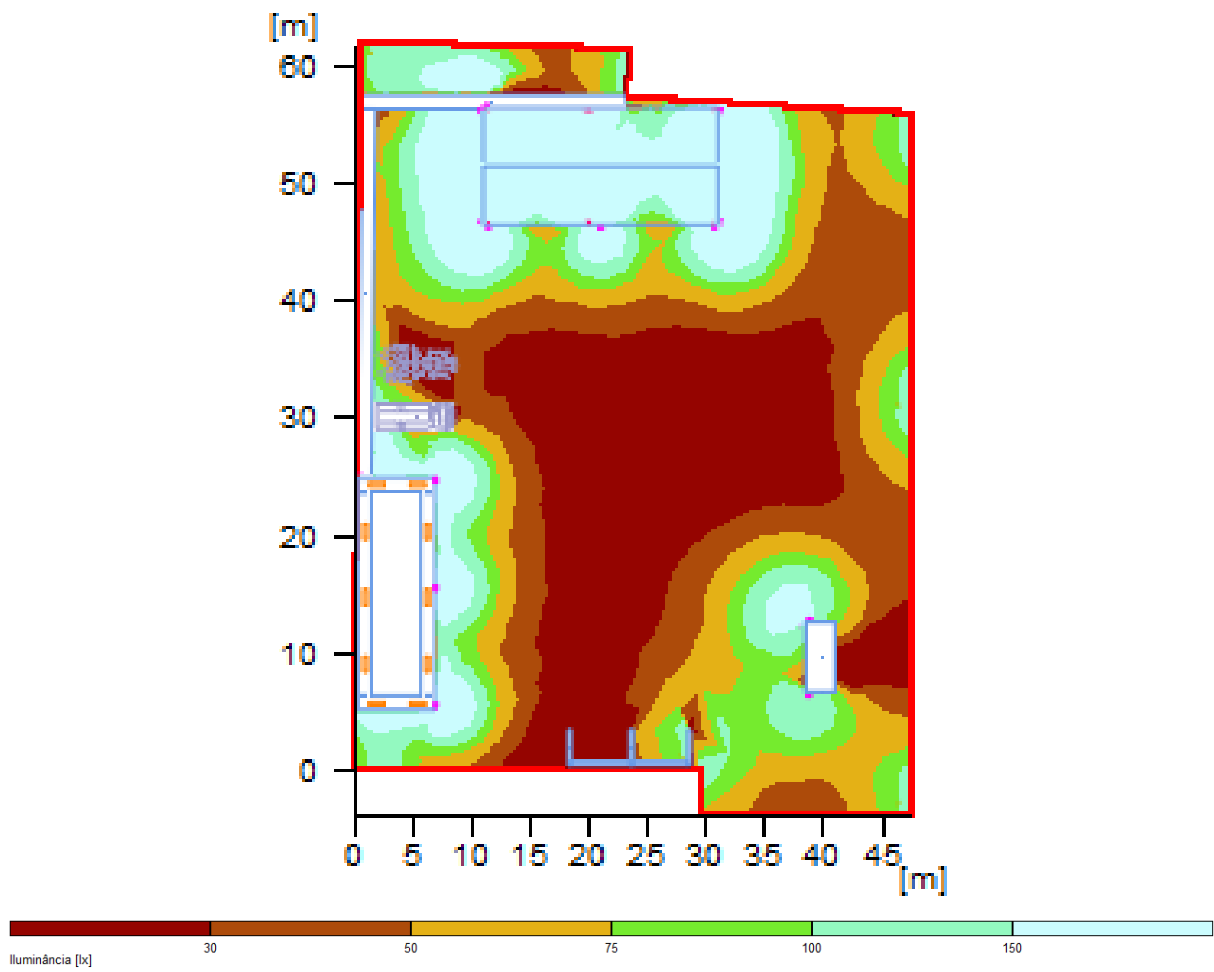
APENDICE T2 – Gráfico Cores Falsas 3D – Triagem



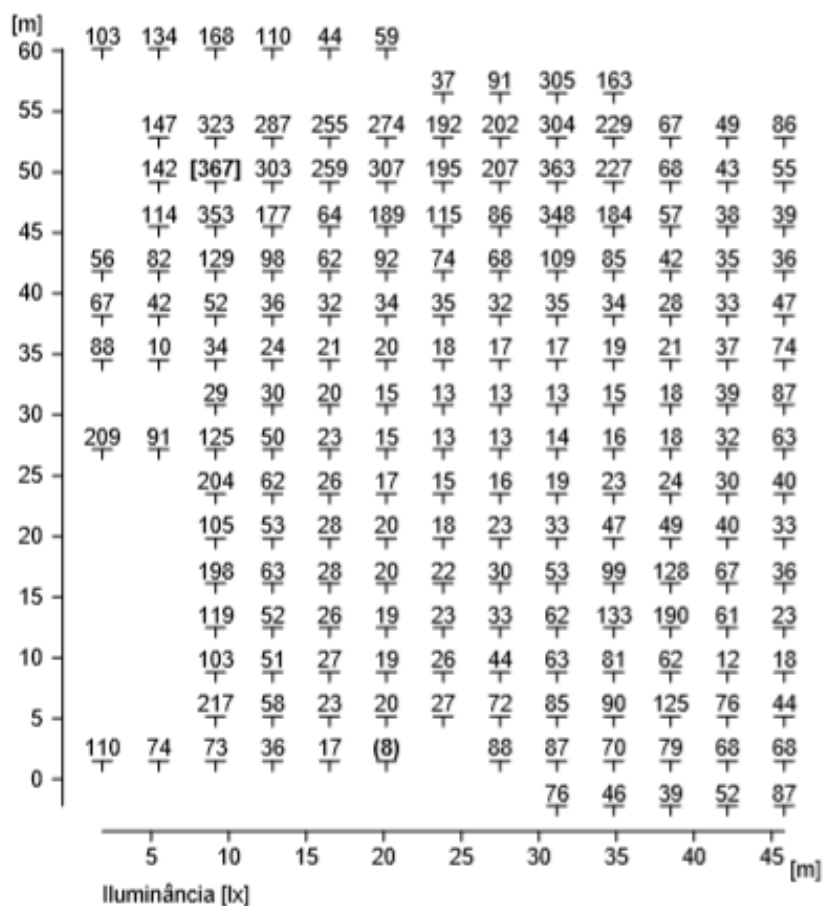
APENDICE U2 – Gráfico Luminância 3D – Triagem



APENDICE V2 – Superfície de Avaliação – Área Externa



APENDICE W2 – Gráfico Ponto a Ponto – Área Externa

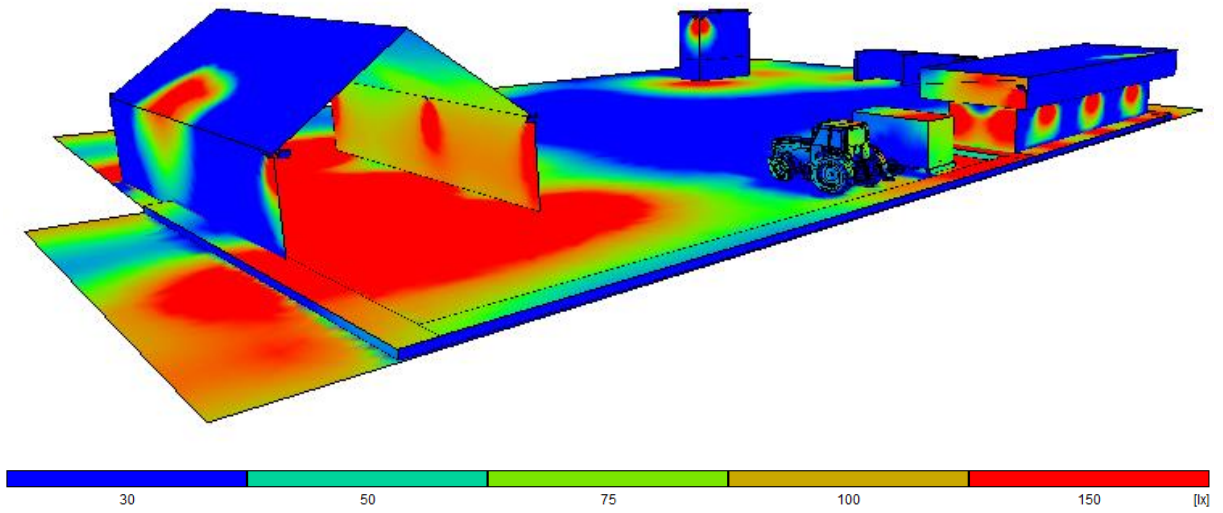


APENDICE X2 – Resultados – Área Externa

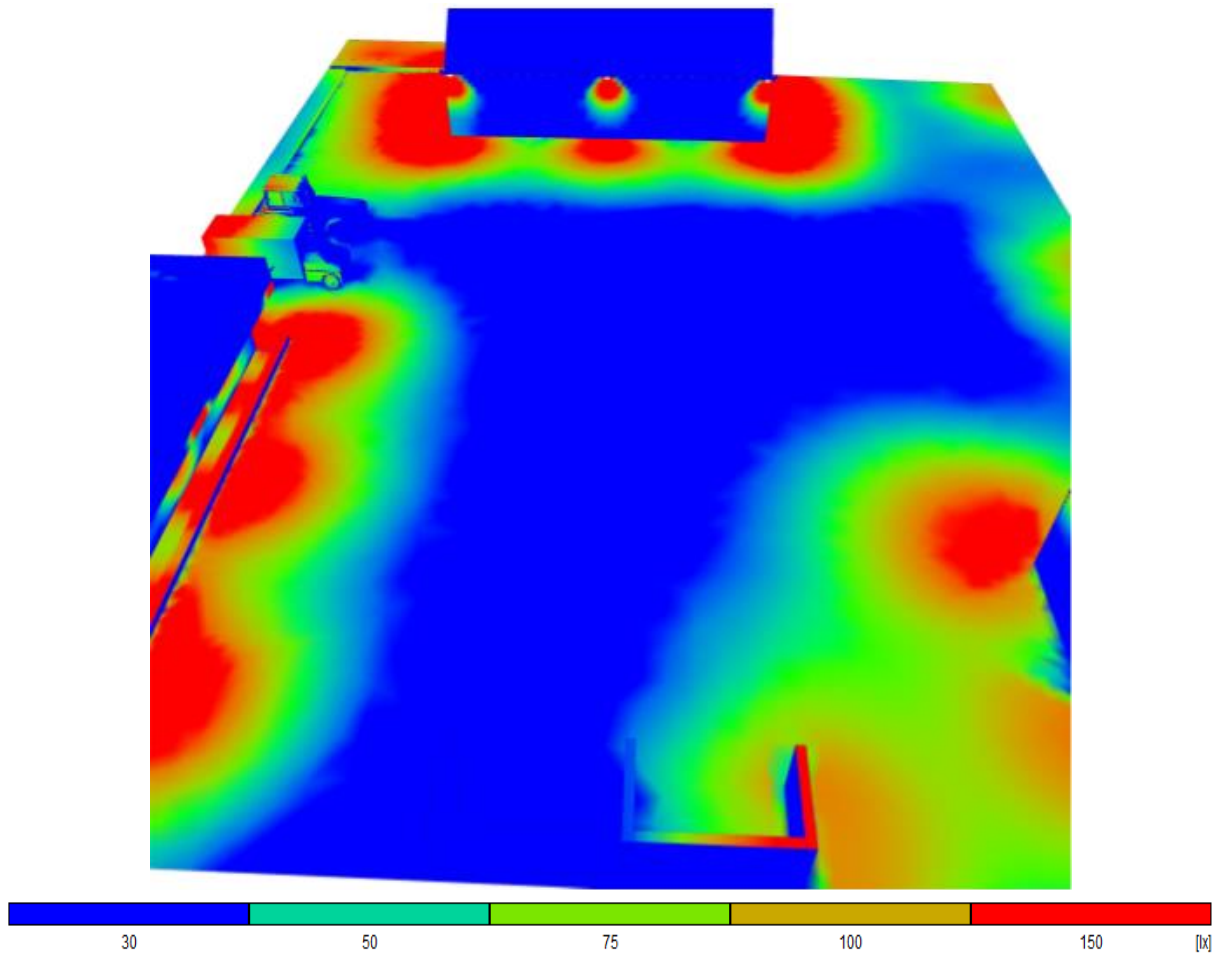
Figura XX: Resultados

Altura do plano de referência		: 0.00 m
Iluminância média	Em	: 81 lx
Iluminância mínima	Emin	: 8 lx
Iluminância máxima	Emax	: 367 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 9.76 (0.10)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 44.06 (0.02)

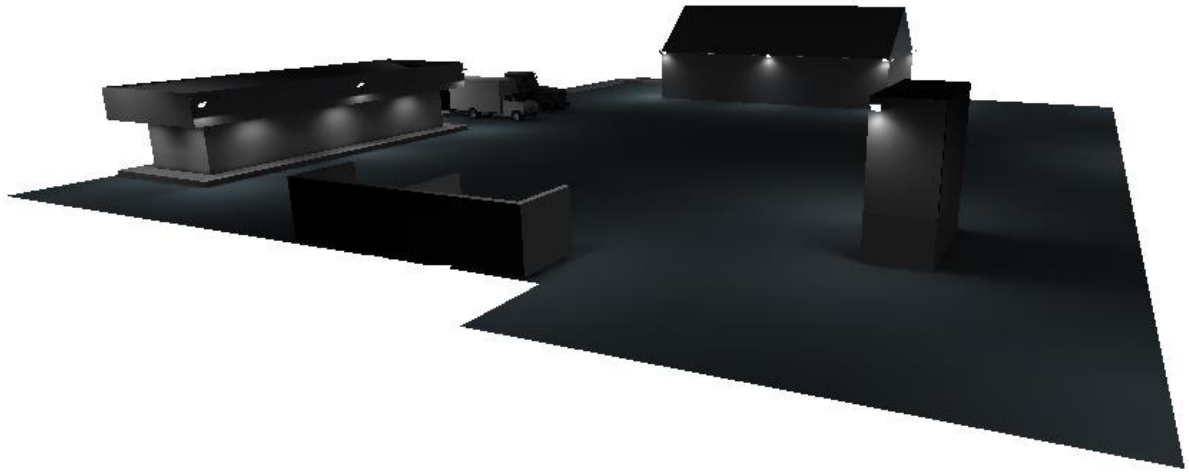
APENDICE Y2 – Gráfico Cores Falsas 3D, Vista 1 – Área Externa



APENDICE Z2 – Gráfico Cores Falsas 3D, Vista 2 – Área Externa



APENDICE A3 – Gráfico Luminância 3D, Vista 1 – Área Externa Figura XX:



APENDICE B3 – Gráfico Luminância 3D, Vista 2 – Área Externa

