

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ROGÉRIO FRANCISCO WERLY COSTA**

**CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO EM HOSPITAL MATERNIDADE:  
análise crítica das certificações LEED e AQUA e das condições térmicas,  
lumínicas e de eficiência com base na iluminação, climatização e envoltória**

**CARATINGA**

**2018**

**ROGÉRIO FRANCISCO WERLY COSTA**

**CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO EM HOSPITAL MATERNIDADE:  
análise crítica das certificações LEED e AQUA e das condições térmicas,  
lumínicas e de eficiência com base na iluminação, climatização e envoltória**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Conforto ambiental  
eficiência energética

Orientador: Prof. Joildo Fernandes Costa  
Junior

**CARATINGA**

**2018**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**TERMO DE APROVAÇÃO**


O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO EM HOSPITAL MATERNIDADE: ANÁLISE CRÍTICA DAS CERTIFICAÇÕES LEED E AQUA E DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS, LUMÍNICAS E DE EFICIÊNCIA COM BASE NA ILUMINAÇÃO, CLIMATIZAÇÃO E ENVOLTÓRIA, elaborado pelo(s) aluno(s) ROGÉRIO FRANCISCO WERLY COSTA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.**

Caratinga 12/12/2018

  
JOILDO FERNANDES COSTA JÚNIOR  
Prof. Orientador

  
ELIAS DE SOUZA GONÇALVES  
Prof. Avaliador 1

  
VINICIUS MURILO LIMA RODRIGUES  
Prof. Examinador 2

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, me dando saúde, determinação e discernimento, e não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos da minha vida.

As Faculdades Doctum de Caratinga, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram o curso de engenharia elétrica na cidade, com tamanha qualidade.

- Ao professor Joildo Fernandes Costa Junior, pela orientação, paciência e confiança.
- A minha mãe Lucila Stela Costa, por me incentivar na busca pela excelência em todas as esferas da vida.
- Ao meu pai Donato Delfino da Costa, quem sempre me elucidou quanto a necessidade de construirmos um futuro através da formação profissional.
- Aos demais discentes do curso, que em muitos momentos me forneceram arquivos relevantes para a elaboração deste trabalho.
- A Suély Pereira de Souza, diretora administrativa do Hospital Nossa Senhora Auxiliadora de Caratinga, quem me permitiu o acesso livre a todos os espaços físicos da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, e acesso aos arquivos e documentos tão relevantes para a elaboração do trabalho aqui apresentado.
- Às funcionárias do hospital maternidade do HSNA, em especial a enfermeira assistencialista diurna Eva Maria Aparecida e a enfermeira assistencialista noturna Karine Júlia Almeida, que me ajudaram sempre que precisei, ajudando no levantamento dos dados relevantes para a realização deste trabalho.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A inauguração da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, do Hospital Nossa Senhora Auxiliadora, em janeiro de 2010, teve impacto positivo no atendimento de saúde do município de Caratinga e de mais 13 municípios da região, estimado em 200 mil pessoas. Construída com os recursos advindos do Pro-Hosp, sua estrutura é composta por 63 leitos, disponibilizados em UTI neonatal, UTI adulto, apartamentos, leitos pré parto, e leitos berçário. Desde sua existência a maternidade alcançou marca que ultrapassa 1600 partos. Atualmente, a planilha orçamentária do hospital representa o maior desafio da direção do hospital, sobretudo porque 90% do atendimento é feito pelo SUS, uma vez que a instituição é filantrópica, e apenas 10% são referentes a consultas particulares. Outro agravante é a falta do repasse de recursos ao HNSA, de seis, dentre os treze municípios que o mesmo atende. Por tudo isso, a Unidade Materno precisa de uma análise sobre suas condições de conforto ambiental e desempenho energético visando propostas, viáveis e simples, de melhorias da qualidade do espaço e de redução de consumo de energia elétrica. Agindo neste sentido, ao que cabe às questões de cunho energético e ambiental, sobretudo em prol do conforto térmico e lumínico dos ambientes internos, promover chances reais de atrair mais clientes vinculados aos planos de saúde e ainda gerar folga na planilha orçamentária do hospital. Desta forma, o presente trabalho faz uma análise crítica dos parâmetros de certificação LEED e AQUA, e na forma de pesquisa de cunho exploratório, apresenta o processo metodológico, os levantamentos e resultados obtidos e ainda algumas diretrizes de melhoria com base na iluminação (natural e sistema de iluminação artificial existente), climatização (equipamentos e motores, condições bioclimáticas do entorno imediato e implantação) e envoltória (sistema construtivo, aberturas e volumetria).

**Palavras-chave:** Conforto térmico e lumínico. Eficiência energética. AGi32. Ambiente hospitalar.

## ABSTRACT

The inauguration of the "Grimaldo Barros de Paula" Maternal and Child Unit at Hospital Nossa Senhora Auxiliadora in January 2010 had a positive impact on health care in the municipality of Caratinga and 13 other municipalities in the region, estimated at 200,000 people. Built with Pro-Hosp's resources, its structure is composed of 63 beds, available in neonatal ICU, adult ICU, apartments, pre-delivery beds, and nursery beds. Since its existence, maternity has reached a mark that exceeds 1600 deliveries. Currently, the hospital's budget worksheet represents the biggest challenge for hospital management, especially since 90% of the care is provided by the SUS, since the institution is philanthropic, and only 10% refers to private consultations. Another aggravating factor is the lack of the transfer of resources to the HNSA, of six, among the thirteen municipalities that it serves. For all this, the Maternal Unit needs an analysis of its conditions of environmental comfort and energy performance aiming at feasible and simple proposals for improvements in the quality of space and reduction of electric energy consumption. Acting in this direction, the energy and environmental issues, especially for the thermal and lighting comfort of internal environments, promote real chances of attracting more clients linked to health plans and still generate slack in the hospital's budget worksheet. In this way, the present work makes a critical analysis of the LEED and AQUA certification parameters, and in the form of exploratory research, presents the methodological process, the surveys and results obtained and also some improvement guidelines based on the natural and artificial lighting system), air conditioning (equipment and motors, bioclimatic conditions of the immediate surroundings and implantation) and envelope (construction system, openings and volumetry).

**Key words:** Thermal and light comfort. Energy efficiency. AGi32. Hospital environment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho esquemático da evolução das formas hospitalares .....	19
Figura 2: Enfermaria Nightingale.....	20
Figura 3: Exemplo de enfermaria Nightingale.....	20
Figura 4: Hospital Lariboisiere.....	21
Figura 5: Temperaturas de conforto. Umidade relativa: 60%. .....	28
Figura 6: Evolução dos Eventos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável...	40
Figura 7: Categorias de certificação LEED.....	43
Figura 8: Níveis de Certificação LEED.....	43
Figura 9: Critérios de Avaliação AQUA.....	45
Figura 10: Perfil Mínimo de desempenho para certificação .....	46
Figura 11: Comparação das categorias LEED e AQUA.....	48
Figura 12: Hospital Unidade Materno Infantil "Grimaldo Barros de Paula".....	51
Figura 13: Unidade Materno: .....	53
Figura 14: Unidade Materno: .....	54
Figura 15: Entorno: .....	54
Figura 16: Trocas de calor através de superfícies transparentes.....	56
Figura 17: Radiação solar fachada leste.....	57
Figura 18: Fachada leste: .....	57
Figura 19: Radiação solar fachada oeste.....	58
Figura 20: Incidência solar no percurso da circulação.....	58
Figura 21: Posição do sítio em relação ao norte.....	61
Figura 22: Carta solar com base na latitude do sítio.....	61
Figura 23: Fachadas leste, norte, sul e oeste.....	62
Figura 24: Vidro jateado prevenindo insolação (Centro Obstetrício).....	63

Figura 25: UTI no segundo pavimento, fachada leste.....	64
Figura 26: Corte longitudinal de algumas das áreas analisadas.....	66
Figura 27: Cálculo ponto a ponto (em lux).....	66
Figura 28: Entomo .....	73
Figura 29: Projeto geral de cálculo ponto a ponto.....	76
Figura 30: Projeto de cálculo (salas de parto cirúrgico).....	77
Figura 31: Níveis de iluminância.....	80
Figura 32: Unidade Materno no período noturno .....	81



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Iluminâncias por classe de tarefas visuais. NBR 5413 .....	36
<b>Tabela 2:</b> Densidade de potência de tipos de espaços comuns .....	37
<b>Tabela 3:</b> Diferenças na estruturação do processo LEED e AQUA.....	47
<b>Tabela 4:</b> Dados relevantes na elaboração do cálculo luminotécnico.....	65
<b>Tabela 5:</b> Legenda do projeto luminotécnico.....	67
<b>Tabela 6:</b> Parâmetros LPD ASHRAE IESNA 90.1 .....	68
<b>Tabela 7:</b> Cálculo luminotécnico (legenda).....	70
<b>Tabela 8:</b> Níveis de iluminação objeto de estudo x NBR 5413 .....	77
<b>Tabela 9:</b> LPD Objeto de estudo x parâmetro ASHRAE IESNA 90.1 .....	78
<b>Tabela 10:</b> Proposta luminotécnica (retrofit) opção LED.....	79
<b>Tabela 11:</b> Sistema de iluminação artificial existente .....	79
<b>Tabela 12:</b> Níveis de iluminação objeto de estudo x NBR 5413.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANVISA – Agência Nacional de vigilância Sanitária
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental
- ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning engineers*
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
- CME – Central de Material Esterilizado
- CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
- CPN – Centro de Parto Normal
- CT – Capacidade térmica
- CTI – Centro de Terapia Intensiva
- DML – Depósito de Material de Limpeza
- EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde
- FP – Fator de Potência
- GBCB – *Green Building Council do Brasil*
- GBCI – *Green Building Council Institute*
- HNSA – Hospital Nossa Senhora Auxiliadora
- IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- ISO – *Internacional Organization for Standard*
- LEED – *Leadership in energy and Environmental Design*
- LEED Healthcare – LEED Unidades de Saúde
- LPD – *Light Power Density*
- MG - Minas Gerais

MME – Ministério de Minas e Energia

MP – Ministério Público

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ONG – Organização não governamental

ONU - Organização das Nações Unidas

PNEs - Pessoas com necessidades especiais

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

QAE – Qualidade Ambiental do Edifício

QQE – *Haute Qualité Environnementale*

RDC – Resolução de Diretoria Colegiada n° 50

SUS – Sistema único de saúde

TBS – Temperatura de bulbo seco

Te – Temperatura externa

Ti – Temperatura Interna

TMR – Temperatura média radiante

UCINCA – Unidade de Cuidado Intermediário Neonatal Canguru

UR – Umidade relativa do ar

USGBC – *U.S.Green Building Council*

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

**SUMARIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	Considerações Iniciais.....	14
1.2	Objetivos.....	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	Justificativa.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1	Breve histórico dos hospitais: tipologias e aspectos construtivos....	18
2.2	A evolução do conceito de conforto ambiental nos hospitais .....	22
2.3	Conceitos de conforto térmico.....	26
2.4	Condicionantes de desempenho térmico na construção.....	29
2.5	Qualidade luminica no ambiente e eficiência energética.....	34
2.6	Sistemas de avaliação da construção sustentável.....	38
2.6.1	Critérios de avaliação LEED (Estados Unidos) .....	42
2.6.2	Critérios de avaliação AQUA (HQE França).....	44
2.6.3	Critérios LEED x AQUA.....	46
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
3.1	Definição e caracterização do objeto de estudo .....	50
3.2	Levantamento do espaço físico: estrutura, área e fluxograma .....	52
3.3	Avaliação das condições de conforto térmico.....	55
3.3.1	Análise da envoltória e sistema construtivo.....	55
3.3.2	Análise dos equipamentos.....	59
3.4	Levantamento das condicionantes de conforto lumínico.....	60
3.4.1	Aberturas, posição solar e iluminação natural.....	60

	13
3.4.2	Simulação computacional: software lighting analysis AGI32..... 64
3.4.3	Avaliação de LPD com base na tabela <i>ASHRAE IESNA 90.1</i> ..... 67
3.4.4	Avaliação comparativa fluorescentes existentes x tecnologia led..... 69
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> ..... <b>72</b>
4.1	Resultados quanto aos aspectos de qualidade térmica..... 72
4.2	Resultados quanto aos aspectos de qualidade lumínica..... 74
<b>6</b>	<b>Conclusões</b> ..... <b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... <b>85</b>
<b>Anexo A</b>	<b></b> ..... <b>90</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A inauguração da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, do Hospital Nossa Senhora Auxiliadora, em janeiro de 2010, teve impacto positivo no atendimento de saúde do município de Caratinga e de mais 13 municípios da região, estimado em 200 mil pessoas. Construída com os recursos advindos do Pro-Hosp, sua estrutura é composta por 63 leitos, disponibilizados em UTI neonatal, UTI adulto, apartamentos, leitos pré parto, e leitos berçário. Segundo informações da atual administração, o HNSA é um hospital de abrangência microrregional, atendendo a treze municípios, incluindo Caratinga. Basicamente 90% do atendimento é feito pelo SUS, uma vez que a instituição é filantrópica, já os outros 10% são referentes a consultas particulares.

O hospital que sofre com a falta de repasses de sete dos treze municípios atendidos, recebeu uma comissão de intervenção em março de 2017, que assumiu a direção do hospital no intuito de garantir sua permanência. A intervenção gerida pelo estado e orientada pelo Ministério Público foi encerrada em abril de 2018, quando a gestão foi retomada pelos diretores anteriores. Atualmente a direção administrativa busca apoio de instituições financeiras, empresas doadoras e assessoria técnica com as faculdades Doctum de Caratinga, no intuito de garantir sua manutenção e retomar sua dinâmica, tanto administrativos, quanto na qualidade dos serviços prestados em prol da saúde.

Neste sentido, o objeto de estudo deste trabalho de conclusão de curso é proposto com base na elaboração de alternativas para a qualificação do espaço construído da maternidade do HNSA, denominado Unidade Infantil Materno “Grimaldo Barros de Paula”, mediante a análise dos aspectos ambientais que mais influenciam a saúde do paciente, que é a qualidade ambiental térmica e lumínica. Neste sentido, através da metodologia de pesquisa exploratória, são avaliadas as variáveis de conforto térmico e lumínico. Com finalidade de entendimento das condicionantes térmicas são levantados: entorno imediato e implantação – a fim de

conferir as variáveis do solo e de movimento de ar que promovem ou diminuem a temperatura da construção; radiação solar – visando conferir incidência solar excessiva, umidade relativa do ar e movimento dos ventos, sistemas construtivos – como meio de conferir trocas de calor por condução; sistema de iluminação artificial, equipamentos e motores – que promovem o aumento de calor por radiação e condução.

Como condicionantes das condições de conforto lumínico são levantados: entorno imediato e implantação – que são variáveis que podem ser obstáculos a incidência da luz natural; trajetória solar – que traz dados para todos os dias do ano quanto a incidência de luz natural; envoltória – que possibilitam mais luz natural em função das aberturas e posição das fachadas em relação a incidência solar; sistemas construtivos - devido aos fatores de reflexão da luz nos ambientes de acordo com o tipo de material empregado; e sistema de iluminação artificial.

É objetivo do trabalho a avaliação quanto o desempenho energético atrelado a qualidade ambiental, propondo condições de o hospital reduzir a planilha orçamentária mensal relacionado ao consumo de energia elétrica.

Por fim e não menos importante é a análise crítica dos sistemas de avaliação de sustentabilidade e eficiência energética mais empregados no Brasil, que são o LEED e o AQUA, visando conferir a real viabilidade dos parâmetros recomendados quanto ao objeto de estudo deste trabalho.

O acesso aos documentos e às áreas internas do hospital maternidade, incluindo o acesso às áreas de uso restrito ao público, foram possíveis em razão do convênio de estágio com as Faculdades Doctum de Caratinga e o Hospital Nossa Senhora Auxiliadora, sob supervisão técnica do professor Joildo Fernandes.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar todas as variáveis que influenciam nos aspectos de qualidade térmica e lumínica da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” e definir diretrizes de conforto ambiental atrelado a eficiência energética com base nos dados levantados. Considerar os sistemas de avaliação de sustentabilidade LEED emitido pela GBC – Green Building Council, e o AQUA da Fundação Vanzolini. Neste sentido, analisar criticamente a real viabilidade destes certificados para as arquiteturas públicas e em particular para o hospital maternidade objeto deste estudo.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar as variáveis de conforto térmico do hospital maternidade: radiação solar, condições do entorno imediato, envoltória, equipamentos e motores, sistemas construtivos e sistema de iluminação artificial.
- Fazer uso do programa computacional Lighting Analysts AGi32 para calcular o nível de iluminamento dos ambientes, e utilizar as recomendações de nível de iluminamento da NBR 5413. Utilizar os parâmetros de densidade de potência de iluminação em w/m<sup>2</sup> da tabela ASHRAE IESNA 90.1 de 2004.
- Analisar as variáveis de conforto lumínico do hospital maternidade: o sistema de iluminação artificial, a iluminação natural, a carta solar, a envoltória e os sistemas construtivos.



- Propor diretrizes de eficiência energética e contribuir para a qualidade e baixo consumo do hospital maternidade, a fim de reduzir a planilha orçamentária.
- Avaliar os critérios de eficiência energética das certificações de impacto ambiental LEED, emitido pelo GBC – Green Building Council, e AQUA da Fundação Vanzolini.
- Analisar de forma crítica a real viabilidade dos certificados internacionais de estudo do presente trabalho.

### **1.3 Justificativa**

Os benefícios que o hospital público traz para a sociedade é fato que explica sua relevância. Entretanto, não raro objetivos de cunho político e financeiro colocam a sociedade como um meio e não como finalidade na questão da existência destas arquiteturas. Num contexto mais específico, que é a Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, urge a necessidade de torná-lo como finalidade pública, para o bem dos 14 municípios que englobam a região na qual este se destina. Para tanto precisa obter condições de ser mantido em dia quanto a sua planilha orçamentária e quanto às necessidades construtivas que carecem ser executadas. Neste sentido, providências na direção da obtenção da eficiência energética por meio do trio iluminação artificial, climatização e envoltória é meio de prover folga financeira de que o hospital carece.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo destina-se à abordagem de temas, como ambiente hospitalar, conforto térmico e lumínico, certificados de sustentabilidade, fundamentando assim seu referencial teórico.

### **2.1 Breve histórico dos hospitais: tipologias e aspectos construtivos**

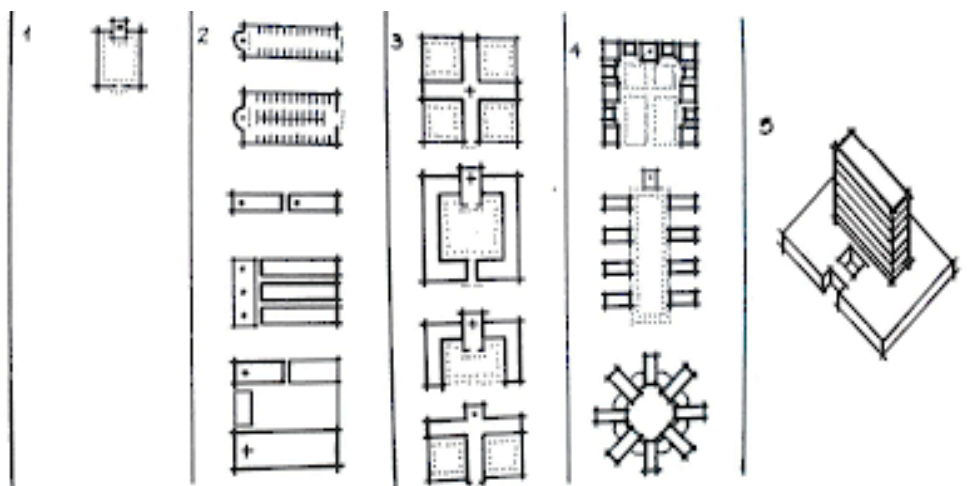
A inerente necessidade dos seres humanos do cuidado com a saúde, seja preventiva ou corretiva, faz dos hospitais estabelecimentos antigos na sociedade. Nos primórdios de sua história, não existiam a estrutura hospitalar, quando a medicina significava, na prática, a visita do profissional às casas para conferir o estado de saúde de seus pacientes e tratá-los, sendo também existente antes dos hospitais em si o consultório próprio. A evolução na medicina percorreu uma trajetória ao longo do tempo, em termos estruturais e tecnológicos, sendo hoje um dos dois pilares da sociedade contemporânea.

Segundo Miquelin (1992), o hospital pode ser classificado em cinco tipos de acordo com períodos cronológicos na história: Antiguidade – Pórtico e Templos, Idade Média – Nave, Renascença – Cruz e Claustro, Era Industrial – Pavilhões e Pré-Contemporânea – Blocos (Figura 1).

Na Antiguidade (séc III a.C) doentes e necessitados eram abrigados nos monastérios budistas. Em séculos seguintes, este papel também foi exercido no Cristianismo. Nos séculos IV-XV, desenvolveu-se a tecnologia sanitária para o abastecimento de água, no Império Bizantino, quando aconteceu a construção de hospitais, incluindo o tratamento de doenças. Os muçulmanos contribuíram de modo relevante nesta evolução, pois se preocupavam com a salubridade e a higiene, resultando em alterações de fluxograma hospitalar e sua estrutura, como meio de dividir os pacientes por patologia. Um projeto hospitalar, de 820, na Suíça, planejava separar áreas de funções de apoio e serviços, daqueles relacionados à hospedagem e tratamentos, e ainda a ênfase no sistema de ventilação, captação da luz natural e

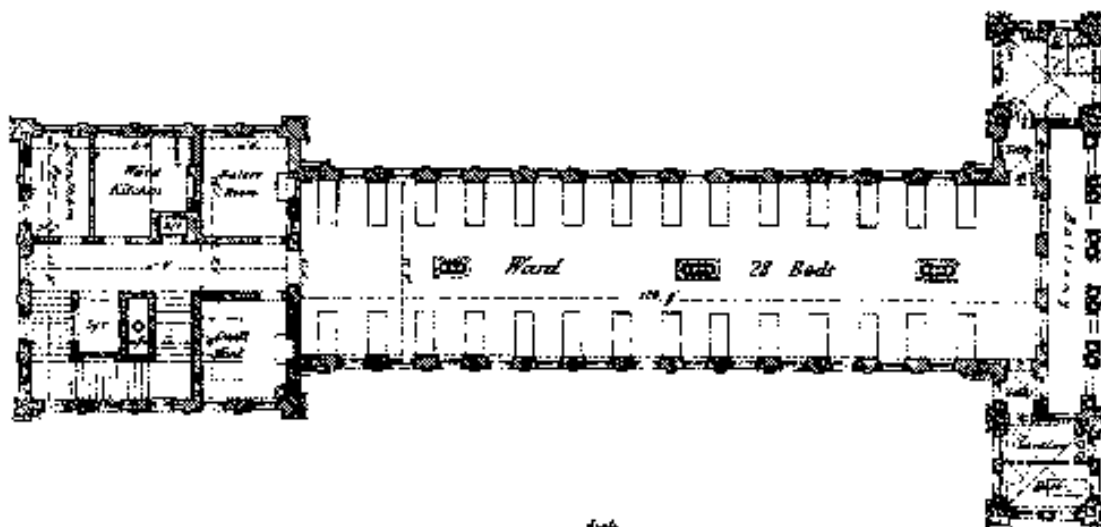
sistema de saneamento. Na Idade Média, há significativa melhoria nas condições de ventilação e iluminação natural, com o aumento de área das enfermarias. Neste período se inicia a separação de espaços por patologia e sexo.

**Figura 1:** Desenho esquemático da evolução das formas hospitalares



Fonte: (MIQUELIN, 1992)

A partir do século XV e durante os três séculos do Renascimento, há uma constante evolução dos aspectos construtivos, que seguiram a própria evolução da arquitetura e engenharia deste período. Neste sentido, as soluções de saneamento se ampliaram, como também o sistema de esgoto, melhorando as condições de salubridade e higiene no ambiente hospitalar, favorecendo sobremaneira o processo de cura dos pacientes. Os séculos seguintes, na Era Industrial, séculos XVIII ao XX, a evolução da qualidade do ambiente em decorrência de melhores condições de iluminação e ventilação propiciava aumento das soluções das doenças, maior higienização e queda dos índices de contaminação. Em 1756, na Inglaterra, é construído o Royal Naval Hospital, se tornando precursor de arquitetura hospitalar de qualidade e molde por mais 250 anos seguintes. Este projeto foi elaborado e concebido de modo a proporcionar layout funcional, padrão claro de circulação, separando por quantidade de pacientes e grupos de até 20 pessoas, conceito pavilhonar, e excelentes de conforto ambiental com iluminação natural e ventilação.

**Figura 2:** Enfermaria Nightingale

Fonte: (MIQUELIN, 1992)

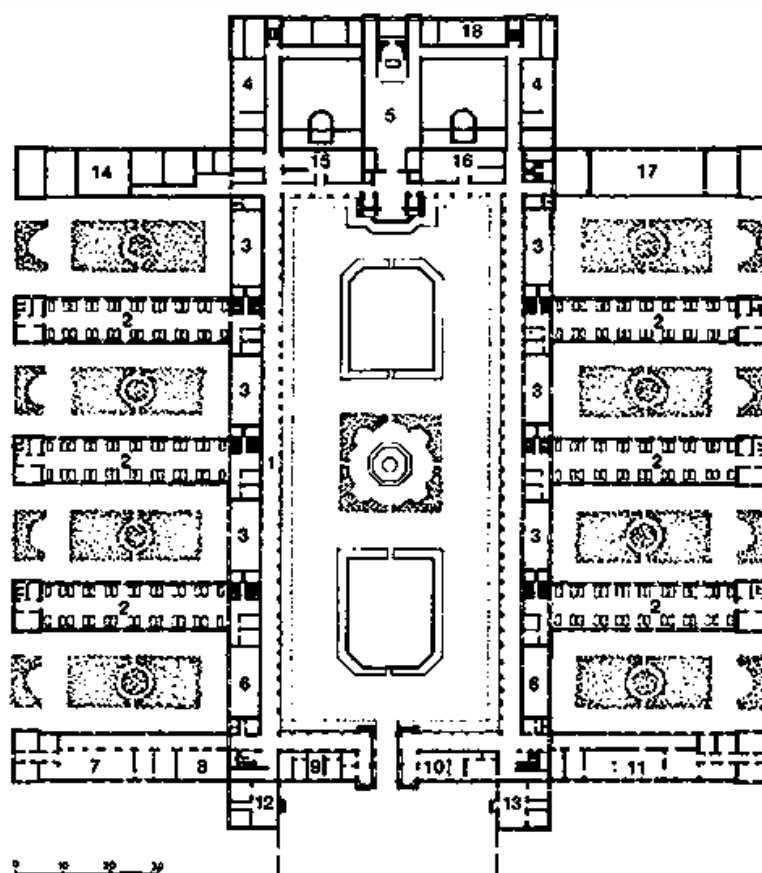
No século XIX, uma enfermeira britânica de nome Florence Nightingale se torna símbolo da luta pela qualidade do atendimento hospitalar (Figura 2). Defendia o atendimento aos mais necessitados e que a qualidade do ambiente hospitalar estava associado a espaços ventilados e iluminados.

**Figura 3:** Exemplo de enfermaria Nightingale

Fonte: (ROCHA, 2013)

Nightingale defendeu o conceito de salão longo e estreito, com pé direito alto e janelas altas entre leitos dispostos perpendicularmente com as paredes, promovendo iluminação natural e ventilação cruzada. O conceito ficou e é hoje conhecido mundialmente como “enfermaria Nightingale” (Figura 3). O Hospital Lariboisiere promove a ventilação cruzada e iluminação natural, era considerado exemplar no quesito qualidade do espaço por Nightingale (Figura 4).

**Figura 4:** Hospital Lariboisiere (1848-1854)



- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Entrada            | 8. Salas de cirurgia |
| 2. Administração      | 9. Banhos            |
| 3. Consultas          | 10. Lavanderia       |
| 4. Farmácia           | 11. Capela           |
| 5. Cozinha e serviços | 12. Morgue           |
| 6. Pacientes          | 13. Pátio central    |
| 7. Comunidade         |                      |

Fonte: (MIQUELIN, 1992)

O primeiro edifício hospitalar com sistema de condicionamento de ar foi o Belfast Royal Victoria Hospital, de 1906, que também se destacou na área da

ventilação mecânica. Ainda no século XX, o crescente custo dos terrenos coloca em decadência os edifícios pavilhonares, destacando-se a construção de edifícios verticais. Edifícios monoblocos verticais, com várias enfermarias Nightingale empilhadas e elevador ligando os andares se tornou o sistema construtivo e conceito da era Pré-Contemporânea. Os setores básicos se organizavam em: subsolo – serviços de apoio; térreo – consultórios médicos; primeiro pavimento – serviços administrativos e laboratório; pavimento intermediário – internação e último pavimento – bloco operatório. O crescente desenvolvimento tecnológico na era Pré-Contemporânea incorporava de forma gradativa os sistemas mecanizados, quando a ventilação e iluminação natural foram pouco a pouco sendo substituídos por ventilação mecânica, ar condicionado e iluminação artificial, ocasionado de forma crescente o consumo de energia elétrica.

No Brasil, a crise energética em 2001 alertava quanto a necessidade de medidas que promovessem a eficiência energética (BARDELIN, 2004). Os desafios em prol de um mundo sustentável altera os parâmetros construtivos na arquitetura e engenharia, quando normas e resoluções de qualidade do ambiente construído são vistos com mais relevância e respaldo para a evolução das sociedades. Os sistemas construtivos são alterados em função dos requisitos em prol da sustentabilidade e da eficiência energética.

Para tanto, a elaboração de projetos hospitalares deve repensar as tipologias e padrões das internações, como por exemplo utilizando ambientes e instalações compartilhadas a fim de evitar a duplicação e ainda enfatizar a minimização dos custos de manutenção, ainda com maiores custos com instalação, sendo maiores os gastos a curto prazo em prol de economia a médio e longo prazos (GÓES, 2004).

## **2.2 A evolução do conceito de conforto ambiental nos hospitais**

Segundo LUKIANTCHUKI (2010), a grande quantidade de normas e a busca por melhores condições do espaço construído são fatores que tornam os hospitais projetos complexos e específicos.

A busca por meios sustentáveis de promover os espaços e seu funcionamento é prática comum, desde a antiguidade. No entanto, o entendimento quanto a qualidade do ambiente hospitalar com foco no usuário foi processo gradual, muitas vezes até retrocedeu. No Império Romano, as condições de ventilação e iluminação naturais das fortificações romanas utilizadas como área de tratamento de doentes, eram favoráveis, uma vez que as Valetudinárias eram construídas em torno de um pátio central que promovia aos quartos o contato com o exterior. Na Idade Média, no entanto, os doentes eram confinados como meio de proteger a sociedade, quando poucas eram as chances de recuperação do paciente (MIQUELIN, 1992).

A arquitetura de paredes largas, janelas de pequenas dimensões e ambientes insalubres favoreciam a circulação de ar interno contaminante e veiculador de miasmas, quando as pessoas, na sua maioria, não retornavam com vida (COSTI, 2002). Segundo MACEACHERN (1951), as pesadas cortinas colocadas entre os leitos se tornavam foco de infecções, além de prejudicarem a ventilação e a iluminação natural. A qualidade interna do ar era prejudicada pelo aquecimento dos ambientes, que eram feitas por fornos a carvão e lareiras.

No período gótico as janelas altas e estreitas eram insuficientes para a grande dimensão do espaço, que associados a espessura das paredes se tornavam empecilho para que a luz alcançasse os locais mais profundos do ambiente (COSTI, 2002). No período renascentista, no entanto, o elemento cruciforme e o pátio interno rodeado por galerias e corredores propiciavam melhores condições de iluminação e ventilação (MIQUELIN, 1992). No entanto, ainda eram insuficientes para a grande dimensão das enfermarias (LUKIANCHUKI, 2010).

A migração da população rural em direção aos centros urbanos no século XIX, proveniente da revolução industrial, ocasionou a superlotação dos hospitais e da necessidade de uma forte estruturação dos mesmos. A partir daí houve um entendimento maior quanto a necessidade de salubridade das edificações e conforto ambiental para contrapor as questões de superlotação (SILVA, 2001).

Em meio a problemática que se apresentava, desponta na Inglaterra os conceitos de qualidade do espaço hospitalar conhecido como “enfermaria Nightingale”, por intermédio de uma enfermeira britânica que lutava pela humanização dos hospitais. O conceito consistia em salão estreito e longo, com pé direito alto, banheiros e cozinha posicionados nas extremidades, e janelas dos dois

lados, entre os leitos, dispostos perpendicularmente em relação as paredes perimetrais. O conceito se tornou mundialmente seguido e conhecido porque propicia ventilação cruzada e luz natural abundante (COSTI, 2002).

A epidemia de tuberculose em 1893 instigou a elaboração de janelas envidraçadas com esquadrias que possuíam diferentes aberturas para o controle da luz e da ventilação cruzada (COSTI, 2002).

O calor do sol, que antes era indesejado, passou a ser conhecido como fator de redução da umidade e proliferação de microorganismos, atrelando a associação da luz e calor solar com a redução da contaminação do ambiente. O uso da luz natural também era fator que promovia ao paciente a noção do tempo, sensação de integração com a natureza e maior equilíbrio emocional. A partir desta evolução no entendimento da importância da incidência solar, dá início aos estudos sobre como a incidência deve ser conduzida, a fim evitar o desconforto visual proporcionado por eventuais contrastes ou ofuscamentos (COSTI, 2002).

No século XX, a enorme expansão das técnicas construtivas e das tecnologias propiciou o uso de sistemas mecânicos e térmicos como a ventilação mecânica e o ar condicionado, promovendo desta forma o alto consumo de energia elétrica (CORBELLA, 2003). A crise do petróleo em 1970 e as preocupações ambientais relacionados à exploração dos recursos naturais fez retomar o tema da eficiência energética, mas ainda não o bastante para que alterasse o rumo em prol do baixo consumo (LUKIANCHUKI, 2010).

O alto consumo em todo o mundo ocasionou em alerta no começo do século XXI quanto aos perigos do aquecimento global e escassez dos recursos. No Brasil, a crise energética de 2001 alertou para a necessidade de redução do consumo e da eficiência energética. Os aspectos de sustentabilidade e eficiência adquiridos no decorrer da história até o início do século XX precisavam ser retomados, com amplitude jamais alcançada antes. Neste sentido, as tipologias, os aspectos construtivos e os conceitos deveriam ser retomados sob novo prisma.

O conceito da bioclimatologia em hospitais, associado ao conhecimento dos materiais, equipamentos e tecnologias construtivas diretamente entrelaçados a eficiência energética é alternativa de reduzir o consumo e minimizar custos das edificações (EPE, 2005). A arquitetura hospitalar segue a tendência de projetos



elaborados visando a utilização dos recursos disponíveis na natureza e características ambientais do local (CHRISTOPOULOS, 2017). Elementos como estudo do território a ser implantado, o clima, o local, a orientação solar e dos ventos devem ser inseridos no processo do projeto, visando obter as melhores condições possíveis de conforto e qualidade dos espaços, obtidos por estratégias passivas de condicionamento ambiental (GIVONI, 1992).

Em hospitais, o contato com o exterior e a incidência de ventilação e iluminação naturais são eficientes nos confortos visual e psicológico do paciente. Além disso, diminuem a necessidade do uso artificial de iluminação e ventilação, contribuindo para a redução do consumo de energia. No Brasil, um dos exemplos são os hospitais da rede Sarah Kubitschek, projetados pelo arquiteto João Figueiras Lima, o Lelé, por possuírem soluções que priorizam a ventilação e a iluminação naturais, propiciando ambientes agradáveis para os funcionários e os pacientes que se encontram em reabilitação (CHRISTOPOULOS, 2017, pág.35)

O conceito de sustentabilidade na sua amplitude requer o uso de conceitos utilizados na antiguidade, e que favorecem a eficiência energética. Conforme explica Góes (2004), as reduções drásticas no consumo de energia podem ser adquiridas com a aplicação de conceitos da antiguidade, como redução do uso de fachadas envidraçadas, iluminação e ventilação natural, brises, equilíbrio nas aberturas e interação do projeto com o entorno. Neste sentido, o ar condicionado só deve ser utilizado em casos específicos, onde seu uso é indispensável, por exemplo.

É longa a trajetória da fundamentação e emprego da qualidade e eficiência energética do ambiente hospitalar. No entanto, apesar dos períodos de retrocesso da qualidade do espaço na Idade Média e do alto consumo de energia elétrica no início do século XX, a evolução é inquestionável, tanto nos aspectos de conforto ao paciente quanto ao atendimento, entendimento das necessidades do paciente e valor ao ser humano.

### 2.3 Conceitos de conforto térmico

O bem estar do homem é favorável quando seu organismo funciona sem que seja acometido pelo estresse, o que inclui os fatores térmicos. As condições térmicas do espaço construído devem ser adequadas para um bom funcionamento do organismo humano, possibilitando seu estado de conforto térmico. Neste sentido, devem ser observadas as condicionantes térmicas no edifício e sua relação com o entorno, que são as variáveis climáticas, a velocidade do ar e a radiação solar incidente. Na relação do edifício com os ambientes internos, os fatores mais importantes e que influenciam nas condições térmicas do ambiente estão a temperatura e a umidade. Uma vez em condições adequadas de temperatura e umidade, se obtém o conforto térmico humano.

Como animal homeotérmico, o organismo do homem busca manter a temperatura corporal constante. Neste sentido, o organismo humano requer a liberação do calor sentido, de forma que mantenha a temperatura na ordem de 37°C.

O organismo humano é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos – entre 36,1 e 37,2°C —, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica – sua energia é conseguida através de fenômenos térmicos. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, extraído do ar pela respiração. Esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos é denominado metabolismo. Tanto o calor produzido como o dissipado dependem da atividade que o indivíduo desenvolve. Em repouso absoluto – metabolismo basal -, o calor dissipado pelo corpo, cedido ao ambiente, é de cerca de 75W (FROTA, 2001, pág.19)

Existe a sensação de conforto térmico quando não há esforço para manter o equilíbrio térmico, proporcionado pela temperatura do organismo constante. Havendo sensação de calor ou de frio, significa que o corpo está perdendo ou ganhando calor. Neste caso, o esforço é maior e gera o desconforto. Quando o organismo se esforça para manter a temperatura constante, o mesmo efetua um

procedimento chamado de termorregulação, que comanda a redução dos ganhos ou aumento das perdas de calor. Mediante o ganho de calor, o organismo provê a redução das combustões internas – termólise. Uma das formas de propiciar a termólise é a transpiração, quando elimina através do suor o excesso de calor do organismo. Mediante a perda de calor, o organismo provê o aumento das combustões internas – termogênese. O arrepio e o tiritar da pele são algumas defesas do organismo para propiciar a termogênese, quando há o aumento da resistência térmica da pele para evitar perdas de calor. O extremo destas condições representa sobrecarga, quando o limite e o rigor excepcionais podem acarretar problemas de saúde ou até a morte (FROTA, 2001).

As trocas térmicas do corpo humano com o ambiente podem ocorrer por meio das trocas úmidas ou calor latente, representado pela evaporação, e das trocas secas ou calor sensível representados na forma de condução, convecção e radiação. São as perdas de calor latente que acontecem através das perdas de vapor d'água, seja pela respiração, perspiração ou evaporação do suor. A uma temperatura de 20°C, através da respiração e da perspiração, o adulto pode perder 110 g/h em trabalho livre (GOMES,1962). Em casos extremos, o corpo humano pode perder 2,5l/h em forma de líquido transpirado (GIVONI, 1992). Estes indícios demonstram a relação direta da saúde do organismo com a condição térmica do ambiente. De acordo com Frota (2001), a troca térmica por condução se dá de forma direta no contato com a pele, conduzindo ou “roubando” calor. Nas condições em que o indivíduo está vestido e calçado, é reduzida a troca térmica por condução. Mediante temperatura inferior da superfície dos corpos em relação ao corpo-vestimenta, a dissipação de calor acontece por radiação. Já a troca térmica por convecção precisa de um fluido (água ou ar), dependendo da diferença entre a temperatura do ar e a do sistema corpo-vestimenta.

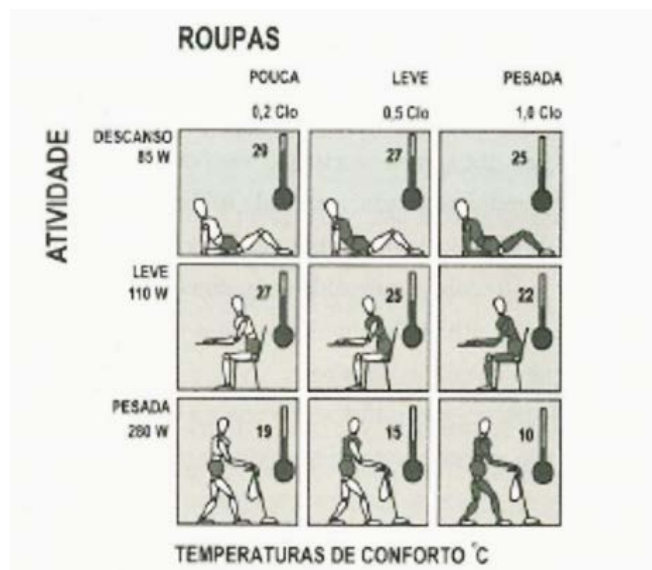
Segundo Corbella (2003), o bem estar térmico tem relação com os aspectos climáticos:

- temperatura;
- umidade;
- radiação infravermelha ( em relação aos elementos da construção vizinhos à pessoa – paredes, chão, vidros, cortinas etc);
- velocidade e movimento do ar;

- o tipo de atividade (maior a temperatura quanto maior a atividade);
- vestuário, idade e o sexo (relacionados a diferenças de peso, metabolismo e tipo de vestuário)

Estudos elaborados em 1916, pela Comissão Americana da Ventilação, acerca da influência das condições termo-higrotérmicas sobre o rendimento no trabalho, confirmaram que para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento em 15%. Com umidade relativa a 80% e 30°C de temperatura ambiente, o rendimento cai 28%. Foram observados alterações de rendimento do trabalho em indústrias relacionadas a mudança de estações do ano, e ainda com índices mais elevados de acidentes correlacionados a ambiente termicamente desconfortáveis. Neste sentido foi constatado pelo estudo em questão que as condições de conforto térmico estão relacionados com a atividade desenvolvida pelo indivíduo, vestimenta e condições do ambiente que proporcionam as trocas de calor do corpo humano com o ambiente (Figura 5). É o estudo das variáveis do organismo, atividades e vestimentas, somados às variáveis do ambiente, que resulta no diagnóstico relacionado ao conforto térmico (FROTA, 2001).

**Figura 5:** Temperaturas de conforto. Umidade relativa: 60%



Fonte: (CORBELLA, 2003)

## 2.4 Condicionantes de desempenho térmico na construção

As variáveis do resultado térmico do ambiente interno estão relacionadas a fatores externos e internos. Fatores externos podem ser descritos como climáticos e urbanos, até mesmo construtivos, em relação ao entorno imediato e implantação do próprio edifício ou de contribuição de calor de construções vizinhas. Quanto aos fatores internos, a presença humana, os sistemas de iluminação artificial e os equipamentos e motores são algumas das variáveis que interferem na qualidade térmica do ambiente. Para o estudo acerca de condições térmicas na edificação de modo mais apurado é relevante considerar também a envoltória (aberturas e paredes) e a cobertura, que fazem a interligação construtiva e térmica entre as áreas externa e interna.

Estabelecer os parâmetros relativos às condições de conforto térmico requer incorporar, além das variáveis climáticas, as temperaturas das superfícies presentes no ambiente e a atividade desenvolvida pelas pessoas. O conhecimento do clima, aliado ao dos mecanismos de trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, permite uma consciente intervenção da arquitetura, incorporando os dados relativos ao meio ambiente externo de modo a aproveitar o que o clima apresenta de agradável e amenizar seus aspectos negativos: Imprimir a um edifício características que proporcionem uma resposta térmica ambiental conveniente não implica um acréscimo obrigatório de custo de construção, mas, ao contrário, deve resultar em redução do custo de utilização e de manutenção, além de propiciar condições ambientais internas agradáveis aos ocupantes (FROTA, 2001, pág.16)

As variáveis externas influenciam de forma expressiva a condição térmica do edifício, que são os aspectos climáticos – radiação solar incidente, umidade relativa, ventilação e movimento do ar, etc; aspectos da implantação e entorno imediato do edifício – topografia, construções vizinhas, revestimento do solo etc.

Segundo Frota (2001) adequar a construção ao clima significa amenizar as sensações de desconforto impostas pelos fatores climáticos, seja pela incidência excessiva solar, frio ou ventos ou umidade relativa do ar abaixo ou acima de uma média satisfatória. Os fatores dessas variáveis são distintos conforme a localização, em função da influencia de fatores como latitude e longitude, revestimento do solo e

circulação atmosférica. De acordo com Corbella (2003), a radiação solar, em contato com a superfície, se transforma parte em fonte de calor levando ao desconforto ocasionado pela exposição direta aos raios solares.

A radiação solar é uma energia eletromagnética que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera, sendo a latitude e época do ano fatores que determinam a quantidade de radiação. Para determinar o ângulo de incidência do Sol são utilizadas as cartas solares, sendo estas uma representação gráfica das trajetórias aparentes do Sol, projetadas no plano do horizonte do observador, de acordo com cada latitude específica. A latitude determina o local no planeta, sendo as latitudes mais próximas da linha do equador relacionadas a lugares mais quentes. Onde o clima é predominantemente quente, deve-se evitar a incidência solar direta nos ambientes internos da construção, precavendo ganhos excessivos de luz e calor, denominados de insolação solar. Para tanto, é necessário estudar os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, hora e época do ano e desta forma proteger a envoltória de um edifício, quando existente, ou elaborar projetos visando as aberturas onde a incidência é menor (FROTA, 2001).

Segundo Corbella (2003), a causa principal do desconforto térmico em locais de clima tropical é o calor proveniente da incidência solar, que atinge a superfícies dos ambientes construídos. A radiação solar incidente nas áreas internas do edifício converte-se em energia térmica, com o aumento imediato da temperatura do ar que está em contato com as áreas incididas pela radiação. A incidência solar absorvida pelas paredes opacas da construção se converte em calor, aumentando a temperatura desta superfície. O calor é transmitido por condução ao ambiente interno por condução.

Segundo Pizarro (2005) a radiação incidente no fechamento opaco, uma parcela é refletida e outra absorvida, cujo valor dependerá respectivamente da refletividade, e da absorvidade. Conforme cita Corbella (2003), para promover a minimização da absorção da incidência solar, pintam-se as paredes de cores claras ou insere-se obstáculos no caminho da radiação direta.

A ventilação natural é fator importante na construção, sobretudo em edifícios construídos em locais de clima úmido. A renovação do ar proporcionado pela ventilação natural higieniza os ambientes internos, dissipa o calor e a concentração de vapores, fumaça e poluentes. A ventilação propicia conforto térmico e diminui a

umidade excessiva em lugares de clima quente úmido. Pode se entender a ventilação como o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, quando se obtêm a ventilação cruzada por meio de aberturas de entrada e de saída. Visando maior conforto térmico e eficiência, deve-se elaborar projetos com aberturas bem dimensionadas, promovendo a ventilação cruzada e as vantagens descritas acima.

Assim, as aberturas para ventilação deverão estar dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto. O fluxo de ar que entra ou sai do edifício depende da diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar oferecido pelas aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de implicações relativas à incidência do vento e forma do edifício. A diferença de pressões exercidas pelo ar sobre um edifício pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade do ar interno e externo, ou por ambas as forças agindo simultaneamente. A força dos ventos promove a movimentação do ar através do ambiente, produzindo a ventilação denominada ação dos ventos. O efeito da diferença de densidade provoca o chamado efeito chaminé (FROTA, 2001, pág 124)

A umidade relativa do ar é fator importante para a qualidade do ambiente. A amplitude da temperatura diária é sensivelmente afetada pelo grau de umidade relativa do ar, sendo que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão sua temperatura. O fenômeno ocorre porque as partículas de água em suspensão no ar têm a capacidade de receber calor do Sol e se aquecerem, formando uma barreira da radiação solar que atinge o solo e ao calor dissipado pelo solo à noite (FROTA, 2001). Em relação ao edifício, projetos ou adequações devem considerar a ventilação natural como fator essencial quando a construção se situa em locais de clima úmidos.

À noite, a temperatura do ar é mais baixa do que a do solo, e este, então, tenderá a entrar em equilíbrio térmico dissipando o calor armazenado durante o dia. Se o ar for úmido, aquelas partículas de água em suspensão que de dia armazenaram calor vão também devolver ao ar o calor retido, além de dificultar a dissipação do calor do solo. Parte desse calor será desenvolvido na direção do solo, e a outra parte para a atmosfera. Assim, as temperaturas noturnas do ar vão resultar não muito diversas das diurnas. Em um clima quente seco, o solo pode perder, à noite, esse calor armazenado durante o dia com muito mais facilidade, pois não terá muitas partículas de água em suspensão agindo como barreira térmica. Do mesmo modo, o calor adicional transmitido por essas partículas de água no período noturno também não será significativo. Isto vai tornar, em climas secos, a temperatura diurna bastante afastada da noturna, ou seja, com uma grande amplitude térmica (FROTA, 2001, pág,67)

As variáveis de conforto térmico relacionados ao entorno e implantação requer análise do local antes da adequação e construção do edifício. As condições naturais do terreno em relação a topografia do mesmo é fator que afeta a temperatura do ar a nível local. Segundo Frota (2001), o relevo acidentado pode significar barreira aos ventos e modificar as condições de umidade e temperatura do ar em relação à escala regional, considerando ainda a natural diferença de radiação solar recebida por vertentes de orientações distintas.

O revestimento do solo é variável que interfere nas condições climáticas locais, uma vez que quanto maior a umidade do solo, maior também é sua condutibilidade térmica. O solo pouco úmido se esquentamais depressa durante o dia, pois o ar é um mau condutor térmico. Nestes casos, o solo também libera muito rapidamente o calor no período noturno, o que provoca grande amplitude térmica diária. O revestimento do solo se torna fator relevante no espaço urbano, em relação as modificações climáticas, já que os materiais de revestimento do solo alteram as condições de porosidade e drenagem (FROTA, 2001).

Os aspectos do entorno quanto a existência de construções vizinhas é variável relevante nas condições térmicas do espaço construído. Além das ilhas de calor formadas pelo excesso de concreto e ausência de vegetação, a volumetria das construções vizinhas podem se tornar um empecilho a incidência solar e ao movimento do ar e ventilação natural.

Uma aglomeração urbana não apresenta, necessariamente, as mesmas condições climáticas relativas ao macroclima regional na qual está inserida. Estas alterações estão diretamente relacionadas com o tamanho e setores predominantes de atividade do núcleo urbano e podem ser dimensionadas através de avaliação comparativa com o clima do campo circunvizinho. As modificações climáticas podem ser tais que as áreas urbanas, notadamente as maiores, resultem em verdadeiras *Ilhas de Calor*. Tais ilhas de calor, basicamente, são geradas a partir das modificações impostas à drenagem do solo, notadamente pelo seu revestimento por superfície de concreto e asfalto. (FROTA, 2001, pág 65)

As variáveis de fator interno no edifício interferem na qualidade térmica dos ambientes, mas também podem estar somados aos demais fatores externos climáticos e do entorno, e da envoltória. A elaboração projetual ou estudo de



adequação do espaço construído deve considerar como variáveis, sobretudo, a presença humana – atividade, sexo, idade, vestimentas; os sistemas de iluminação artificial, e os motores e equipamentos.

A atividade exercida pelo homem determina a quantidade de calor dissipada pelo organiza ao ambiente. Neste sentido a presença humana fornece calor ao ambiente, mas naturalmente que ambientes hospitalares, onde as pessoas de modo geral estão em estado de descanso ou atividade leve, se encontram com menor dissipação de calor promovido pela presença humana que um salão de dança. Considera-se apenas o calor sensível quando se pretende calcular o ganho de calor por meio da presença humana.

Assim como a presença humana, a iluminação também gera calor sensível. Neste caso o calor sensível se dá pela conversão de energia elétrica em luz. O calor é então dissipado, por radiação, para as superfícies circundantes. O calor da iluminação também se dá por condução, através dos materiais adjacentes, e por convecção para o ar. A busca pela eficiência energética é resultado importante e que depende do uso de lâmpadas capazes de converter a maior parte possível de sua energia em luz, uma vez que lâmpadas pouco eficientes, como as incandescentes convertem apenas 10% de sua potência elétrica em luz, sendo que 90% se transforma em calor. Do que é transformado em calor, 80% se dissipa por radiação e 10% por condução e convecção. Já as lâmpadas fluorescentes, mais eficientes, convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado, sob forma de calor radiante, para as superfícies circundantes e 50% dissipado por convecção e condução. Equipamentos auxiliares também fornecem mais 25% da potência nominal da lâmpada sob forma de calor para o ambiente, como é o caso dos reatores das lâmpadas fluorescentes. Neste sentido, a iluminação artificial contribui significativamente para o desempenho térmico do edifício e deve ser avaliada quando se pretende adotar medida em prol da qualidade térmica do ambiente. Segundo Frota (2001, pág 121), iluminação com lâmpadas incandescentes adota-se como carga térmica a potência instalada e para fluorescentes, 125%, o que se refere à potência nominal total mais 25% referentes aos reatores.

Os ganhos de calor no ambiente dissipado por motores é função de sua potência e de suas características. Uma vez que motores de menor rendimento têm

potência mais baixa, dependerá muito da atividade empregada aos motores. Quanto aos equipamentos, convencionou considerar cerca de 60% em relação a potência nominal dos aparelhos elétricos o calor cedido ao ambiente. Os aparelhos com fator de potência igual a 1 são exceções, como exemplo de secadores de cabelo ou aquecedor de ambiente.

Algumas estratégias de projeto são relevantes para conseguir um bom nível de conforto em clima tropical úmido, que são: controlar os ganhos de calor, dissipar a energia térmica do interior do edifício, remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar e promover o uso da iluminação natural (CORBELLA, 2003).

## **2.5 Conceitos de qualidade lumínica e eficiência energética**

Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado, ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes (PIZARRO, 2005, pág 34).

Segundo Corbella (2003) o olho se adapta melhor à luz natural do que à artificial. A luz artificial não reproduz as cores como a luz natural, uma vez que o espectro da luz natural é completo, e reproduz as cores de tudo o que nele incide de forma 100% fiel. Além dos aspectos de acuidade visual, a luz natural também age na saúde do ambiente construído e do homem, traz o equilíbrio psicológico em razão da noção do tempo cronológico e climático, trazendo equilíbrio e orientação. No entanto, se durante o dia, a luz natural possibilita a percepção de tudo, desde que o homem não esteja confinado em ambiente sem abertura, durante a noite cabe a luz artificial tornar possível exercer as atividades. Neste sentido, luz natural e luz artificial compõem o que neste trabalho convencionou compor o protagonismo do conforto lumínico. Apesar do seu aspecto subjetivo, o conforto visual é fator possível de diagnosticar. Neste sentido se faz relevante que o ambiente iluminado tenha os níveis de iluminância adequados a atividade exercida no espaço, além de fatores como boa distribuição de iluminâncias, ausência de ofuscamentos e adequação de

contrastes adequados. Importante ressaltar que a eficiência energética é quesito sempre primordial na elaboração de projetos luminotécnicos e que fatores como a adequação de tecnologias eficientes e do melhor aproveitamento da luz natural devem ser levados em consideração. Não menos importante destacar que deve precaver quanto a emissão de calor proveniente da luz artificial, evitando o desconforto térmico.

Labaki aponta que para análise e avaliação da qualidade luminosa de um ambiente através dos parâmetros construtivos é necessária a verificação dos seguintes aspectos: níveis de iluminação recomendados para tarefa visual; uniformidade e níveis de contraste, distancia entre os usuários e os objetos, uso de cores nas superfícies, elementos externos e internos de proteção da insolação direta e iluminação artificial suplementar (LABAKI & BUENO-BARTHOLOMEI, 2001, pág 34)

A fim de obter o melhor desempenho proveniente da luz natural, na elaboração ou adequação de projetos de engenharia, arquitetura e luminotécnica, o uso de grandes aberturas envidraçadas é medida que gera o aproveitamento da iluminação artificial nos ambientes internos.

É relevante, sempre que possível associar luz natural e ventilação cruzada, corroborando com a plenitude do conforto, associação de qualidade lumínica e térmica.

Para tanto, se deve evitar o ofuscamento ou contrastes indesejáveis, além de obter o nível de iluminância adequados.

A norma ABNT 5413 (Tabela 1) estipula as iluminâncias adequadas, considerando tipologias distintas de edificações, tarefas e atividades. Como cita Lida (1990), deve-se considerar, contudo, que há as especificidades individuais, como a faixa etária e a discriminação visual.

No entanto, segundo as Normas Brasileiras para Iluminância de Interiores (de abril de 1992), há uma nuance entre o mínimo e o máximo que se deve empregar considerando eventuais especificidades. Por exemplo, como cita Magalhães (1997) as salas de aula devem ter iluminância média de 200 a 500 lux, sendo que os quadros negros devem estar entre 300 a 750 lux.

**Tabela 1:** Iluminâncias por classe de tarefas visuais. NBR 5413

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

Fonte: ABNT / NBR 5413

Os parâmetros de eficiência energética também são normatizados. A (ASHRAE, 2010) apresenta parâmetros de LPD (Light Power Density) ou densidade de potência de iluminação, em watts por metro quadrado, que direciona quanto ao uso da iluminação artificial e o consumo.

A Tabela 2 (ASHRAE, 2010) é parâmetro da certificação LEED, que restringe em 10% a cada nova modalidade de desempenho do selo no quesito eficiência e atmosfera.

Vale destacar as maiores vertentes do conforto lumínico atrelado a eficiência, que são o nível de iluminamento de acordo com as NBR 5413, a densidade de potência da iluminação, que pode ter como parâmetro a tabela AHSRAE/IESNA

90.1-2010, e a associação da luz natural a luz artificial, sempre priorizando lâmpadas eficientes, e sempre precavendo o calor proveniente da luz natural e artificial.

**Tabela 2:** Densidade de potência de tipos de espaços comuns

TABLE 9.6.1	
Common Space Types	LPD (w/m <sup>2</sup> )
ActiveStorage	9
ActiveStorage ForHospital	10
Atrium-each additional floor	2
Atrium-first three floors	6
Audience/Seating Area For Motion Picture theatre	13
Audience/Seating Area For Transportation	5
Audience/Seating Area ForConventionCenter	8
Audience/Seating Area ForExerciseCenter	3
Audience/Seating Area ForGymnasium	4
Audience/Seating Area ForPenitentiary	8
Audience/Seating Area ForReligiousBuildings	18
Audience/Seating Area ForSportsArena	4
Audience/SeatingArea	10
Automotive-Service/Repair	8
Bank/Office-Banking Activity Area	16
Classroom/Lecture/Training	15
Classroom/Lecture/Training ForPenitentiary	14
Conference/Meeting/Multipurpose	14
Convention Center-Exhibit Space	14
Corridor/Transition	5
Corridor/Transition For Hospital	11
Corridor/Transition For Manufacturing Facility	5
Courthouse/PoliceStation/Penitentiary - Confinement Cells	10
Courthouse/PoliceStation/Penitentiary - Court room	20

Fonte: (ASHRAE, 2010)

## 2.6 Sistemas de avaliação da construção sustentável

Desenvolver, projetar e operar instalações tendo em conta a eficiência no consumo da energia e dos materiais, a utilização sustentável dos recursos renováveis, a minimização dos impactos ambientais adversos e da produção de resíduos e o tratamento ou disposição final desses resíduos de forma segura e responsável – Carta empresarial para o desenvolvimento sustentável; CCI-1991 (CARVALHO, 1973, pág, 243)

Antes da Revolução Industrial, as sociedades se dividiam entre áreas urbanas e rurais, com poucas cidades de fato aglomeradas, e ainda assim, com ocupação no perímetro do que hoje são os centros das cidades. Até então o homem produzia seu sustento de forma sustentável, para si, sua família ou para um grupo.

A mudança significativa com a Revolução Industrial é que os recursos passam a ser consumidos na velocidade da produção das máquinas e não do consumo humano, dando início a produção e consumo cada vez mais crescentes.

Relevante salientar que a Revolução Industrial também propiciou a migração rural para as cidades, maior expectativa e qualidade de vida, intensificando o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da sociedade.

Segundo Leite (2011, pág 1) “a sociedade voltou-se para a produção e consumo, as técnicas avançaram cada vez mais e os produtos tinham seus custos reduzidos favorecendo cada vez mais o aumento do consumo e comércio. As consequências desta maneira de viver resultaram no aumento da poluição, degradação ambiental, êxodo rural e crescimento desordenado das grandes cidades”.

Somente na década de 1970 a questão ambiental começou a ter destaque maior. A crise do petróleo em 1973 significou um alerta quanto e indicava que a economia global já havia excedido em algumas áreas a capacidade de assimilação da natureza.

No final dos anos 1980 avaliações ambientais começaram a acontecer de forma mais sistemática, identificando dos impactos negativos e positivos.

Simultaneamente surgiu a preocupação com a avaliação das características dos materiais e produtos, levando a uma análise do ciclo de vida dos mesmos.

Segundo Leite (2011, pág 18) “como resposta às crescentes questões ambientais surgiram, pontualmente, critérios, abordagens e guias para melhorar o desempenho ambiental da construção, bem como indicadores e processos para o avaliar”.

Os sistemas de avaliação ambiental foram inicialmente um exercício de estruturação de uma série de conhecimentos e considerações, numa abordagem prática (PINHEIRO, 2006).

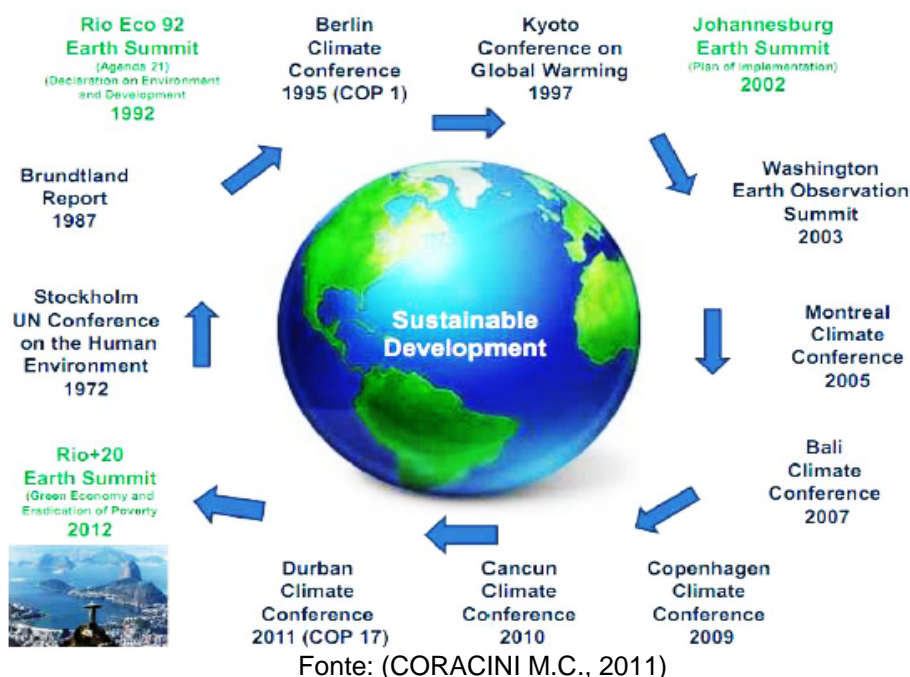
A década de 1990 marcou a consolidação do conceito de construção sustentável, formalizando a elaboração dos critérios de avaliação e reconhecimento das características ambientais da construção.

Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) e a Eco-92 traçou diretrizes de sustentabilidade, envolvendo sociedade e Estado do mundo todo. Veja na Figura 6 a evolução dos Eventos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável.

Princípio 10 - As questões ambientais são melhor solucionadas com a participação de todos os cidadãos envolvidos, em nível permanente. Em nível nacional, cada indivíduo deverá ter acesso apropriado à informação relativa ao meio ambiente detida pelas autoridades públicas, inclusive a informação sobre materiais e atividades perigosas em suas comunidades, e a oportunidade de participar dos processos decisórios. Os Estados facilitarão e encorajarão a conscientização e participação pública fazendo com que a informação esteja amplamente disponível. Será dado acesso efetivo a processos judiciais e administrativos, incluindo-se reparação e assistência (Carta do Rio/Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento 1992) (CARVALHO, 1973, pág 252)

Um passo importante aconteceu quando foi gerado o consenso entre investigadores e agências governamentais, de que a classificação de desempenho, associada a sistemas de certificação, cria mecanismos eficientes de demonstração de melhoria continuada. Destaca-se então a importância da adoção voluntária de sistemas de avaliação de desempenho e da possibilidade do mercado ser um impulsionador para elevar o padrão ambiental existente (PINHEIRO, 2006, pág 19).

**Figura 6:** Evolução dos Eventos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável



Neste momento, sistemas de avaliação se tornam presentes em vários países, estruturados a partir de orientações para a construção sustentável, processos de avaliação e verificação dos critérios, especialistas para a devida avaliação e integração em processos independentes de certificação (PINHEIRO, 2006). Surgiram sistemas como o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*/ Inglaterra), o LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design* / Estados Unidos), o NABERS (*Nacional Australian Buildings Environmental Rating System* / Austrália), o BEPAC (*Building Environmental Performance Assessment Criteria* / Canadá), o HQE (*Haute Qualité Environnementale des Bâtiments* / França) e o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* / Japão). No Brasil os dois sistemas mais utilizados são o LEED, realizado pelo Green Building Council do Brasil e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental) que por sua vez é baseada no HQE e realizado pela Fundação Vanzolini (LEITE, 2011).

É com base nos indicadores de desempenho da construção que os sistemas de avaliação atribuem pontuação e certificação. O LEED, por exemplo, certifica conforme o nível de desempenho, em categorias como *silver*, *gold* e *platinum*. Os requisitos envolvem os aspectos construtivos, climáticos e ambientais, mas cada



sistema apresenta seu método. O AQUA, por sua vez, instiga à manutenção das condições de qualidade ambiental da construção posteriores a obtenção da certificação.

Segundo Leite (2011) os indicadores podem ter ponderações explícitas ou não. Os Impactos no meio urbano, materiais e resíduos, uso racional da água, energia e emissões atmosféricas e conforto e salubridade são indicadores pertinentes aos sistemas num âmbito geral, cada qual adotando a metodologia de pontuação. Os sistemas de indicadores LEED e AQUA são os mais utilizados no Brasil, onde empresas de auditoria e assessoria técnica orientam e fiscalizam o edifício a ser certificado.

Segundo Leite (2011) a técnica de análise estatística se baseia na quantidade de dados do empreendimento, projetuais e de execução. Quando a metodologia se baseia em pontos, como o LEED e BREEAM, os critérios geram índices, somados pela pontuação correspondente ao desempenho em cada indicador do sistema.

Quando a metodologia se baseia no desempenho puramente dito, diagnosticando mais a gestão e os processos empregados, como o HQE (AQUA) e NABERS, há também a divisão por categorias que devem apresentar por parte do empreendimento a ser auditado desempenho igual ou maior ou normalizado. As auditorias seguem alguns parâmetros já conhecidos pelo mercado e adotados, por exemplo, pela auditoria da ISO 9000.

As auditorias apresentam especial importância em um Sistema de Qualidade. Elas representam um exame de todo o sistema, executada de forma sistemática e plenamente desvinculada de qualquer compromisso com qualquer parte relacionada à auditoria. Auditorias internas ISO 9000 (CARVALHO, 1973, pág 91)

O objetivo maior dos sistemas de avaliação é a razão de sua existência: a redução no impacto ambiental gerado pelo empreendimento. Os indicadores que possibilitam a certificação englobam todos os aspectos ambientais da construção, sendo cada vez mais restritivas ao empreendimento em termos de sustentabilidade e eficiência, e ao mesmo tempo cada vez mais abrangentes na sua forma de ampliar a redução direta ou indireta do impacto ambiental. Como exemplos de indicadores

do LEED, empreendimentos que adquirem seus produtos construtivos próximos ao local da obra, obtêm por pontuação, mais chances de certificação do que empreendimentos que adquirem seus produtos num raio maior de 800km, pois a busca de produtos construtivos próximos a obra evita instigar o consumo de combustível associado ao transporte que traz o produto. Neste sentido, o impacto no custo inicial é sensivelmente maior nas construções certificadas, porém geram no médio e longo prazo retorno favoráveis. Segundo DONAIRE (1995), as empresas buscam o selo da certificação por responsabilidade ecológica, imagem da empresa, pressão de mercado, qualidade de vida e lucro.

### **2.6.1 Critérios de avaliação LEED (Estados Unidos)**

O LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) no Brasil é certificado desde 2007 pelo órgão não governamental GBCB (*Green Building Council Brasil*), vinculado ao USGBC, que visa auxiliar no desenvolvimento da construção sustentável no país (LEITE, 2011). Os objetivos de sustentabilidade LEED são: Mitigação da mudança climática global; Melhoraria da saúde humana e bem estar do ocupante; Proteção e restauração de recursos hídricos; Proteção e restauração da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos; Construção de economia verde; Aumento da comunicação e educação, contribuindo para o aumento da equidade; social, justiça ambiental, saúde comunitária e qualidade de vida.

Esses objetivos são a base para os pré-requisitos e créditos da Certificação, que são classificados em 8 categorias (Figura 7): Implantação (IMP), Eficiência Energética (EA), Uso Eficiente da Água (UEA), Materiais e Recursos (MR), Qualidade Ambiental Interna (QAI), Requisitos Sociais (RS), Inovação e Projeto (IP) e Créditos Regionais (CR).

**Figura 7: Categorias de certificação LEED**

Fonte: (GBCBRASIL, 2018)

Para as empresas e incorporadoras que buscam a certificação LEED, o método de avaliação acontece através da análise de documentos comprobatórios quanto aos indicadores de adequação aos itens obrigatórios e classificatórios. A pontuação determina a aprovação da certificação e o nível. São quatro níveis de certificação (Figura 8): Certificação básica (40-49 pontos), Prata (50-59 pontos), Ouro (60-79 pontos) e Platina (mais de 80 pontos).

**Figura 8: Níveis de certificação LEED**

Fonte: (GBCBRASIL, 2018)

## 2.6.2 Critérios de avaliação AQUA/HQE (França)

Edifício saudável e confortável, com bom desempenho energético, cujos impactos ambientais e econômicos são os mais controlados possíveis em seu contexto territorial e no conjunto de seu ciclo de vida”. Princípios da Alta Qualidade Ambiental AQUA (Guia Prático AQUA-HQE, Fundação Vanzolini, 2017, pág. 8).

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é a sigla adotada no Brasil para o HQE na França. Segundo a associação HQE, como “qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e são”. (PINHEIRO, 2006)

No Brasil cabe a Fundação Vanzolini a implantação do processo AQUA, sendo esta fundação uma instituição privada sem fins lucrativos. O processo de construção ou reabilitação do edifício é avaliado por auditorias independentes, definido pela Fundação Vanzolini “como sendo um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação” (LEITE, 2011).

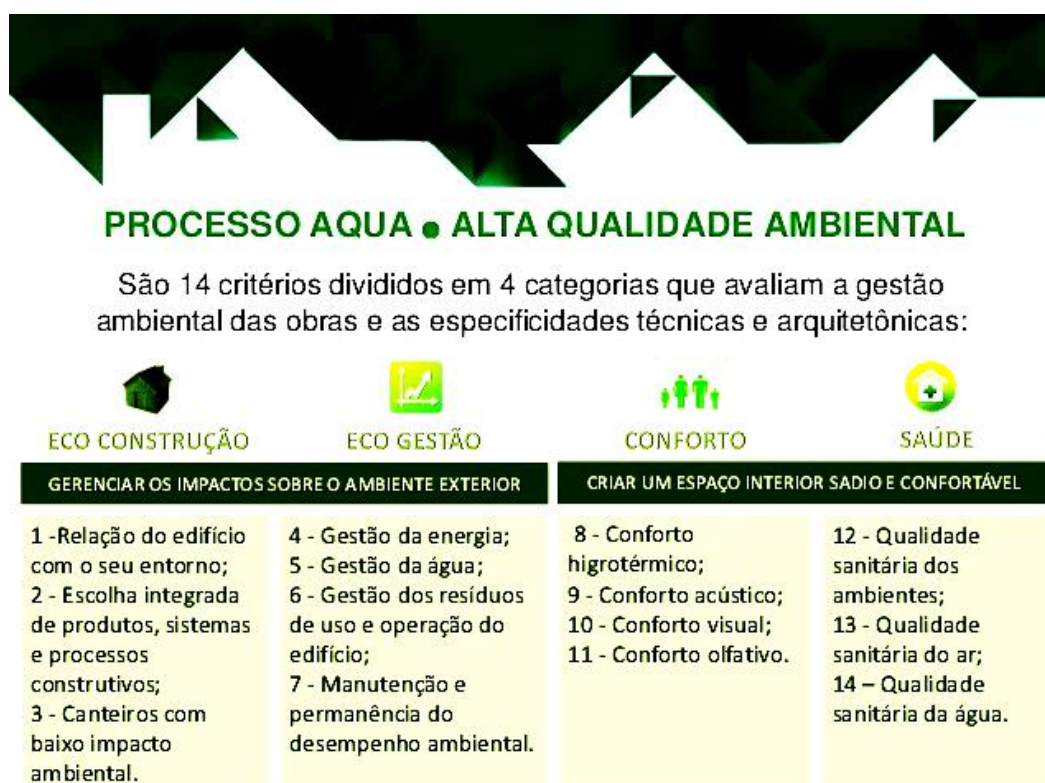
Os benefícios do processo AQUA favorecem empreendedores, compradores e a questão ambiental. Para o empreendedor, a certificação traz credibilidade, portfolio diferenciado no mercado, maior poder de vendas ou locação, melhorias no relacionamento com órgãos ambientais e comunidades. Para o comprador o processo AQUA traz economia direta de água e energia, melhores condições de conforto ambiental, e maior valor do patrimônio certificado adquirido. Em relação aos fatores socioambientais os benefícios incluem a redução de emissão de gases do efeito estufa, redução da poluição, menor impacto na vizinhança melhor aproveitamento da infraestrutura local, dentre outros benefícios (Fundação Vanzolini, 2011).

O referencial técnico de certificação AQUA estrutura-se em SGE (Sistema de gestão do Empreendimento), que avalia o sistema de gestão ambiental

implementado, e o QAE (Qualidade Ambiental do Edifício), que avalia o desempenho arquitetônico e técnico do edifício. Esta estrutura permite que haja a organização capaz de obter a qualidade ambiental que define a certificação, em todas as fases, concepção do projeto, realização em obra e operação ou uso (Guia Prático AQUA-HQE, Fundação Vanzolini, 2017).

As etapas de SGE são (Figura 9): comprometimento do empreendedor, implementação e funcionamento, gestão do empreendimento e aprendizagem. Os indicadores de gestão do empreendimento requer organização, rigor e capacidade de reação do empreendedor. O processo de avaliação e qualidade ambiental do edifício (QAE) se relaciona com 14 critérios, em 4 categorias: eco construção, eco gestão, conforto e saúde. Os critérios são: Edifício e seu entorno; Produtos, sistemas e processos construtivos; Canteiro de obras; Energia; Água; Resíduos; Conservação – Manutenção; Conforto; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto olfativo; Qualidade dos espaços; Qualidade do ar; Qualidade da água.

**Figura 9:** Critérios de Avaliação AQUA



Fonte: (Guia Prático AQUA-HQE, Fundação Vanzolini, 2017)

O processo AQUA é conhecido pela valorização da qualidade do espaço interno e qualidade de saúde ao usuário e também pelos critérios de manutenção da gestão e qualidade do edifício.

Diferente do método de pontuação e níveis de certificação LEED, a metodologia AQUA não adota níveis intermediários, sendo a avaliação baseada no desempenho, classificado em nota (Figura 10): Bom (práticas correntes, legislação), Superior (boas práticas) e Excelente (melhores práticas), sendo exigido um número mínimo de classificação Excelente e um número Máximo de classificação Bom.

**Figura 10:** Perfil Mínimo de desempenho para certificação



**Base (B):** Prática corrente ou regulamentar

**Boas Práticas (BP):** Boas Práticas

**Melhores Práticas (MP):** Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: (Guia Prático AQUA-HQE, Fundação Vanzolini, 2017)

### 2.6.3 Critérios LEED x AQUA

Em face da trajetória histórica que trouxe a necessidade dos sistemas de avaliação afim de conter a degradação ambiental, os sistemas LEED e AQUA tem mais pontos em comum do que divergentes (Figura 3), a citar a unânime defesa da geração de resíduos, preservação de recursos naturais energia e água ou o

conforto do usuário. O objetivo geral é o mesmo e ambos os sistemas de avaliação são enquadrados como certificações ambientais.

O sistema LEED tem origem americana e é exercido no Brasil pelo GBCB. O Processo AQUA por sua vez tem origem francesa (HQE). A certificação LEED se baseia num sistema de pontos, onde existe uma compensação, ou seja, critérios muito bons podem compensar critérios muito ruins, se a média tiver resultado suficiente. Já os quesitos do AQUA requer uma homogeneidade maior do desempenho. A certificação AQUA é concebida nas três fases, que são o programa, a concepção e a realização. O certificado LEED é concebido na conclusão da obra, via auditoria que confere os pré requisitos e as pontuações (LEITE, 2011)

**Tabela 3:** Diferenças na estruturação do processo LEED e AQUA

	<b>LEED</b>	<b>AQUA</b>
<b>Metodo</b>	Avaliação baseado em pontos que verifica a adequação dos itens obrigatórios e classificatórios de cada categoria	Baseado no desempenho avalia-se a adequação do empreendimento a um perfil de desempenho ambiental pré definido a partir de referências técnicas pré-definidas
<b>Categorias avaliadas</b>	Sustentabilidade e Sítio, Gestão de Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Inovação e Processo de projeto (6)	14 categorias ou objetivos distribuídos em quatro bases de ação: eco-construção, eco-gestão, conforto e saúde
<b>Níveis de classificação</b>	São quatro níveis que dependem da pontuação total obtida na fase de concepção: Certificado, Prata, Ouro e Platina	O empreendimento é ou não certificado, sendo que são 3 certificados concebidos (3 fases) do início ao fim do processo.

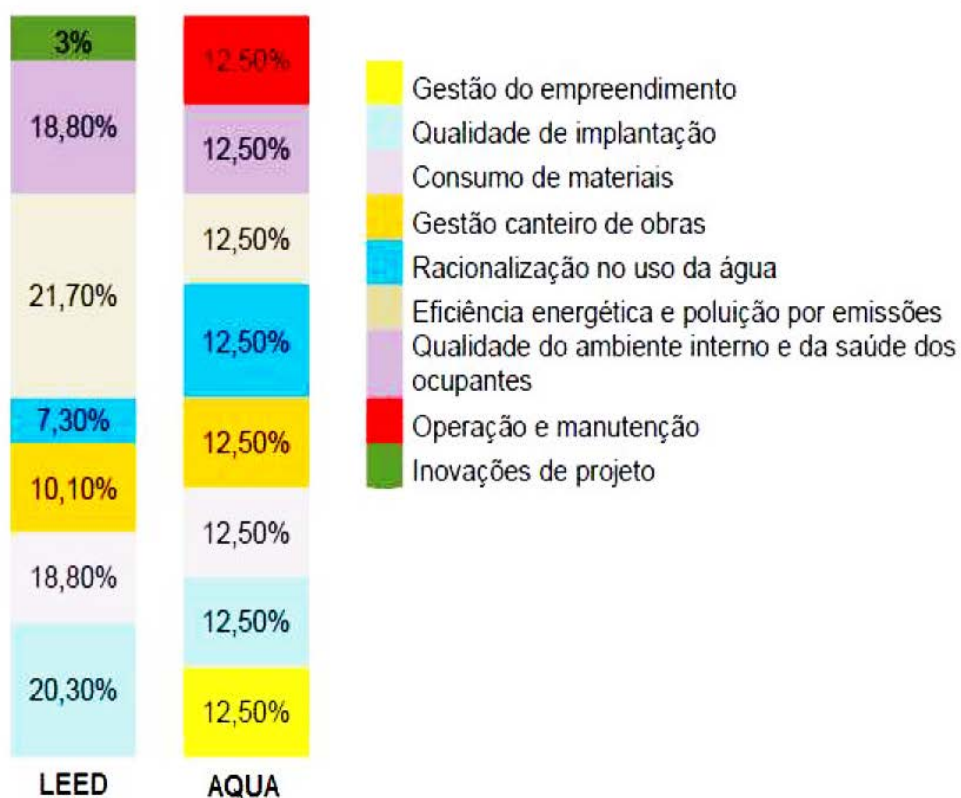
Fonte: (COELHO, 2010)

Ambos as certificações tem abrangência na área do meio ambiente, conforto e saúde. Enquanto a expressão dos resultados da certificação LEED possui nível global de desempenho, no método AQUA, o perfil de desempenho ocorre nos



diferentes temas. O sistema de avaliação AQUA tem maior abrangência das fases onde há avaliação, sendo atuantes no programa, na concepção e na realização, enquanto o LEED tem ênfase na concepção (LEITE, 2011). Segundo Leite, um outro ponto de discordância se deve ao peão nas avaliações, onde o LEED agrega maior pontuação no quesito de eficiência energética e poluição por emissões. Já o processo AQUA visa o equilíbrio entre os temas abordados. Vide a comparação das categorias LEED e AQUA na Figura 11.

**Figura 11:** Comparação das categorias LEED e AQUA



Fonte: (LEITE, 2011)



### 3 METODOLOGIA

A busca pelos métodos eficazes que viessem alcançar os objetivos do presente trabalho, atrelado às surpresas de percurso do próprio processo metodológico resultou numa pesquisa de caráter exploratório com abordagem interdisciplinar e qualitativa. O objeto deste estudo, que é o Hospital Maternidade Unidade Infantil “Grimaldo Barros de Paula” se tornou o protagonista do processo metodológico, na forma do seu espaço físico, ou seja, nos 2556,07 metros quadrados de área hoje utilizada pelo hospital e que fez parte do estudo deste trabalho.

No decorrer da busca por informações do hospital, o espaço se tornou a maior fonte de informações, seja estrutura física, fluxograma, área de interferência das condicionantes climáticas do entorno, sistema construtivo e na presença, ou ausência dos equipamentos condicionantes dos aspectos térmicos e lumínicos. O entendimento das questões de cunho político, social e econômico que envolve a história do hospital também significou respostas para o trabalho.

Os procedimentos utilizados foram a revisão bibliográfica para fundamentação teórica acerca dos temas que permeiam neste trabalho, procedidos pela definição do objeto de estudo. Logo após são promovidos o levantamento do espaço físico na sua abrangência e os dados do objeto de estudo que possam servir de parâmetro para definir as condições de cunho ambiental térmico, lumínico e energético através de programa computacional.

Programa metodológico:

- Pesquisa bibliográfica que elucidem as questões relacionadas aos fatores de qualidade térmica e lumínica, fluxograma e universo hospitalar, sistemas de avaliação e certificação LEED e AQUA, e de eficiência energética, além das normas, resoluções e tabelas como NDR50, ISO9000, NBR5413, ASHRAE etc
- Definição e caracterização do objeto de estudo – os aspectos de cunho político, social e econômico do hospital atrelado aos aspectos construtivos, ambientais e energéticos são diretamente interligados no caráter do hospital objeto deste estudo. Para tanto se faz necessário colher dados e documentos

que elucidem sua história e situação atual, seu papel na sociedade e dados técnicos dos seus aspectos construtivos.

- Levantamento do espaço físico – a fim de identificar as questões de cunho ambiental e energético, se faz necessário levantar os aspectos construtivos do hospital: estrutura, envoltória, área e fluxograma.
- Levantamento dos dados que definam as características do espaço térmico do hospital: implantação e entorno imediato, sistema construtivo, presença humana, atividades etc.
- Levantamento dos dados que definam as características e condições de conforto visual lumínico: aberturas, posição solar, sistema de iluminação artificial.
- Avaliação do nível de iluminamento, em lux, por meio de software de engenharia da iluminação (lighting analysis agi32) e de dados de densidade de potência da iluminação.

### **3.1 Definição e caracterização do objeto de estudo**

O município de Caratinga está localizado na zona leste do Estado de Minas Gerais, latitude de 19°47'23"S e longitude 42°08'21"W e altitude 578m. De forma geral, o relevo predominante na região do município é de mares de morros e montanhas, caracterizado por ondulações topográficas alternadas por formações rochosas pontuais e propensão a processos erosivos e de escorregamentos. O clima caratinguense varia entre tropical mesotérmico brando semiúmido e tropical sub-quente semiúmido, segundo o IBGE (2014).

A temperatura média é de 22°C e a pluviosidade média de 1200 mm/ano, concentradas entre os meses de outubro e abril, sendo dezembro o mês de maior precipitação. O mês mais quente tem temperatura média de 24,1 °C e nos meses mais frios, 18,2 °C. A umidade do ar é relativamente elevada, sendo a média anual superior a 75%. Vento dominante origina-se na direção leste. Na Figura 12 pode ser identificado o posicionamento da Unidade Materno em relação ao entorno.

**Figura 12:** Hospital Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2018)

A inauguração da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, do Hospital Nossa Senhora Auxiliadora, em janeiro de 2010, teve impacto positivo no atendimento de saúde do município de Caratinga e de mais 13 municípios da região, estimado em 200 mil pessoas.

Construída com recursos advindos do Pro-Hosp, a Maternidade possui capacidade para 63 leitos, disponibilizados em UTI neonatal, UTI adulto, apartamentos, leitos pré-parto, e leitos berçário, podendo alcançar a demanda de 250 partos/mês, numa demanda populacional estimada em 200 mil pessoas. Desde sua existência a maternidade alcançou marca que ultrapassa 1600 partos.

A Unidade Materno Infantil é parte integrante ao Hospital Nossa Senhora Auxiliadora. De acordo com registros do estatuto do Hospital Nossa Senhora Auxiliadora consta que o mesmo foi fundado aos 24 de maio de 1917. Ele funcionava em uma casa adaptada, na Rua do Comércio (Princesa Isabel). A mudança do nome para Nossa Senhora Auxiliadora é atribuída a D<sup>a</sup> Isabel Vieira, irmã de Dom Modesto e ex-aluna salesiana.

No atual ano, o Hospital Nossa Senhora Auxiliadora sofre com a falta de repasses dos recursos financeiros de sete dos treze municípios atendidos que atende. Passou por uma comissão de intervenção em março de 2017, que assumiu a direção do hospital no intuito de garantir sua permanência.

A intervenção gerida pelo estado e orientada pelo Ministério Público foi encerrada em abril de 2018, quando a gestão foi retomada pelos diretores anteriores.

Atualmente a direção administrativa busca apoio de instituições financeiras, empresas doadoras e assessoria técnica, no intuito de garantir sua manutenção.

### **3.2- Levantamento do espaço físico: estrutura, área e fluxograma**

A busca pelo projeto arquitetônico foi o primeiro passo em prol da análise dos aspectos construtivos do hospital maternidade. No entanto, a execução do edifício não obedeceu as plantas elaboradas, havendo várias alterações de estrutura (colunas e paredes) e de fluxograma, conseqüentemente.

Fez-se necessário o levantamento da área e adequação de projeto arquitetônico dos três pavimentos, onde hoje funciona a Unidade Materna Infantil de fato, num total de 2.566,07 m<sup>2</sup> de área – pavimentos térreo, primeiro e segundo. O hospital maternidade possui ainda um terceiro pavimento e dois subsolos, todos desativados. No subsolo 01 se em funcionamento apenas a subestação e o gerador.

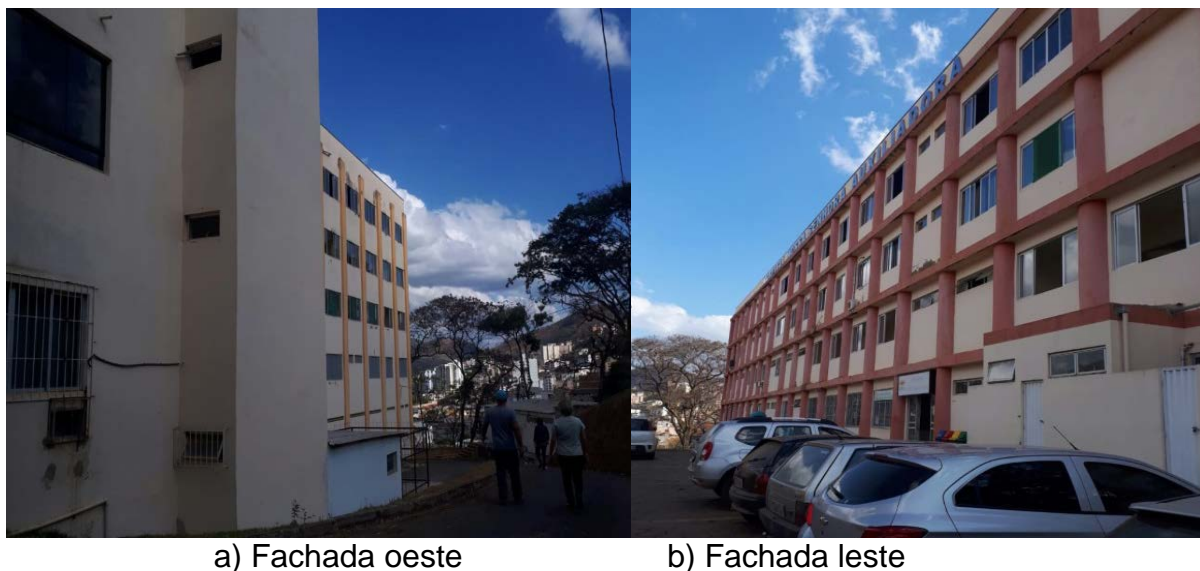
A estrutura do prédio da maternidade começou a ser construída há 50 anos, mas a obra foi abandonada e a estrutura erguida ficou por mais de quatro décadas totalmente aparente no cenário urbano. A partir de 2005 começou a ser reconstruída com investimentos do ProHosp, programa do Governo de Minas Gerais.

Apesar dos benefícios que traz a sociedade local, abrangendo 13 municípios, a Unidade Materno não possui rampas de acesso e os dois elevadores existentes desde a inauguração foram desativados por estarem fora da norma.

Atualmente o HNSA financia um elevador totalmente novo e dentro das normas, previsto para o primeiro semestre de 2019. No térreo se encontram sala de espera, apartamentos, consultórios, farmácia, centro obstetrício. No primeiro pavimento se encontram as unidades de cuidado intermediário neonatal convencional (UCINCAs), internação obstetrícia e tratamento clínico para gestantes. No segundo pavimento a Unidade de Tratamento Intensivo Adulto, UTI neonatal e

CME. Todos os pavimentos dispõem de enfermagem, sanitários, apartamentos de repouso de funcionários, DML, rouparia, expurgo e demais anexos pertinentes.

**Figura 13:** Unidade Materno



Fonte: Própria (2018)

O edifício foi construído na década de 1960 em estrutura de concreto armado e vedações em alvenaria. A edificação se caracteriza por tipologia de base e volume vertical composto por subsolo, térreo e 3 pavimentos.

A proporção entre comprimento (65 metros lineares) x largura (13 metros) desconsiderando o núcleo de elevadores e escada x altura (13 metros) forma volumetria arquitetônica predominantemente horizontal. As fachadas Leste-Oeste (Figura 13), de maior área (65 x 13m / comprimento x altura) por sua vez são as que dispõem de superfícies envidraçadas em toda a sua extensão, com janelas de altura de 1.40m e comprimento a ocupar todo o alinhamento horizontal dos 65 metros de comprimento de fachada, considerando os intervalos das colunas estruturais.

A disposição do eixo maior do edifício acontece no sentido Norte-Sul (Figura 14), optando por paredes cegas nas paredes com menor propensão a incidência solar e menor área de parede (13 x 13m / comprimento x altura). O edifício maternidade da HNSA está situado em área com entorno de piso asfáltico



circundante e entorno imediato com vegetação e ausência de construções vizinhas (Figura 15).

**Figura 14:** Unidade Materno:



a) Fachada sul

b) Fachada norte

Fonte: Própria (2018)

**Figura 15:** Entorno:



a) Fachada oeste

b) Fachada leste

Fonte: Própria (2018)

### **3.3 Avaliação das condições de conforto térmico**

Conforto ambiental compõem algumas formas do homem se sentir confortável, seja na forma de conforto visual, olfativa, acústica ou térmica. Dentre estes, o conforto térmico é o que mais influencia no estado emocional do ser humano. Na relação do homem com o edifício e os meios com que ambos trocam calor, entre si e com o meio o entorno, há na envoltória um papel em geral determinante. Neste sentido, as condições climáticas sobre as quais se deve evitar ou tirar proveito, em geral estão no invólucro da construção as condicionantes capazes de determinar o resultado.

Dos aspectos climáticos que devem ser analisados quando se pretende diagnosticar as condições de conforto térmico do edifício ou quando se pretende elaborar um projeto com qualidade térmica a radiação solar pode ser considerada a mais determinante.

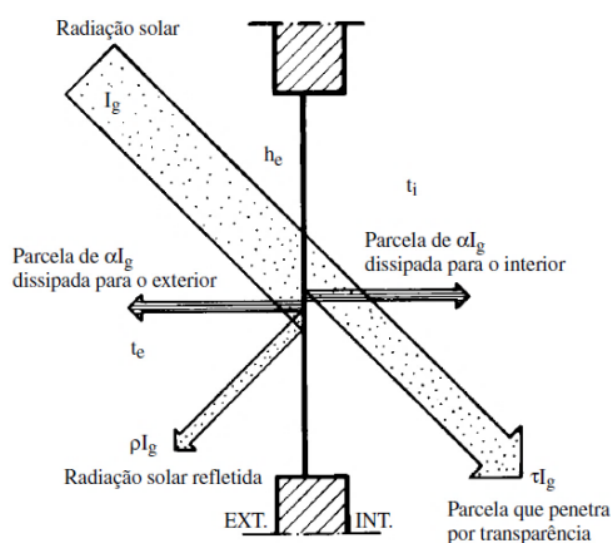
#### **3.3.1 Análise da envoltória e sistema construtivo**

A envoltória do edifício Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” tem um papel determinante nos aspectos da qualidade térmica dos ambientes internos da construção. Uma vez que as fachadas com maior área estão dispostas perpendicularmente às coordenadas leste e oeste, de onde a incidência solar é bem mais incisiva que nas coordenadas norte e sul, por si já determina que o edifício tenha a incidência solar durante o dia e em todas as estações do ano. Fachada disposta perpendicularmente ao leste tem incidência solar durante a manhã e fachada disposta perpendicularmente a oeste tem incidência solar durante a tarde.

De acordo com os princípios de reflexão e absorção do sol incidente na fachada opaca, por condução a parede cede calor ao ambiente interno. No entanto, as mesmas fachadas que sobre elas recebem a incidência solar matutina e vespertina, são compostas por janelas por toda a extensão das duas fachadas, com

intervalos equivalentes as colunas. A fachada do lado oeste compartilha sua extensão com o núcleo dos elevadores e escada, estando cega a empena relativa a estas áreas. As janelas dispostas no percurso da fachada leste e oeste têm 1.40 de altura, esquadrias de alumínio e vidro transparente. Conforme Figura 16 o vidro transparente permite a incidência do sol na sua maior parcela. Uma vez que as janelas em geral permanecem abertas durante o dia, a incidência é ainda maior.

**Figura 16:** Trocas de calor através de superfícies transparentes

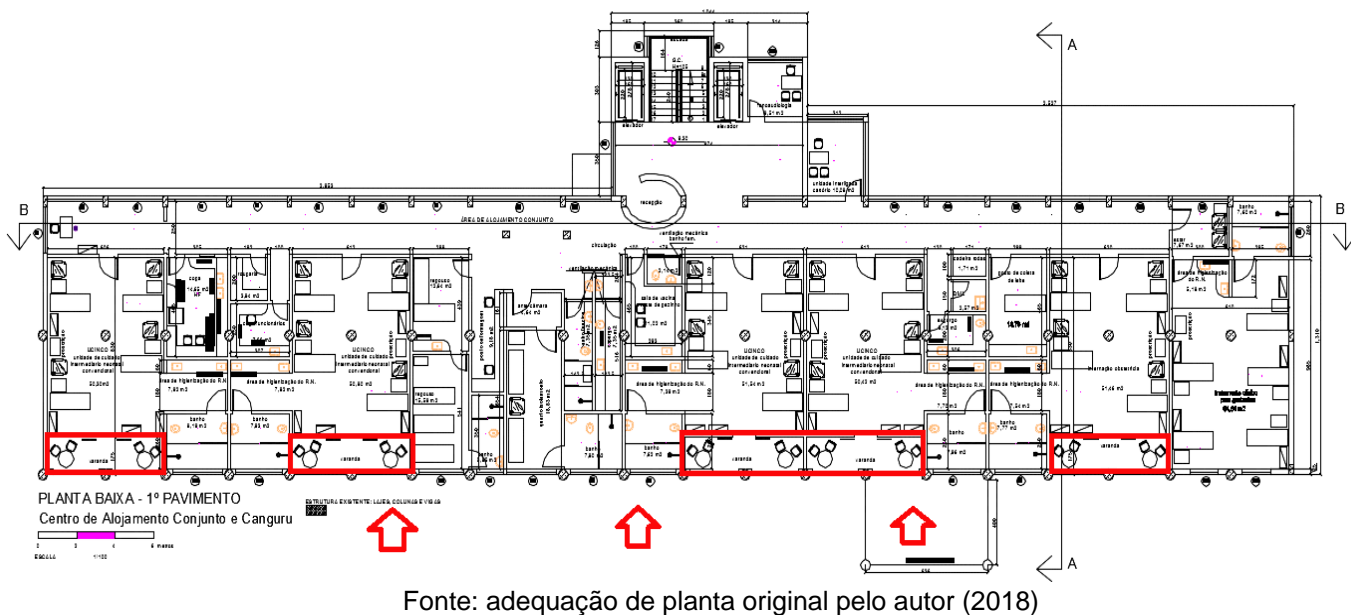


Fonte: (FROTA, 2001)

A incidência solar no edifício requer análise quanto ao excesso de calor incidente. Para tanto, foi necessário conferir os sistemas construtivos, quanto o fluxograma e a distribuição dos ambientes internos. As visitas *in loco* e a adequação na planta de arquitetura quanto ao que é existente contribuíram para o entendimento da questão. A radiação matutina incide sobre a fachada leste, que é a fachada frontal do edifício. No primeiro pavimento (Figura 17), onde a incidência solar proveniente do leste incide nos recuos (retângulos em vermelho) ou nos banheiros, onde as janelas são altas. Os recuos são varandas das unidades de cuidado intermediário neonatal (Figura 18-a). No segundo pavimento a incidência solar poderia aumentar o calor das unidades intensivas de tratamento, mas nestas áreas se faz o uso do ar condicionado e as aberturas são vedadas por meio de cortinas black out (Figura 18-b).



**Figura 17: Radiação solar fachada leste**



**Figura 18: Fachada leste.**



a) Varandas das UCINCA's

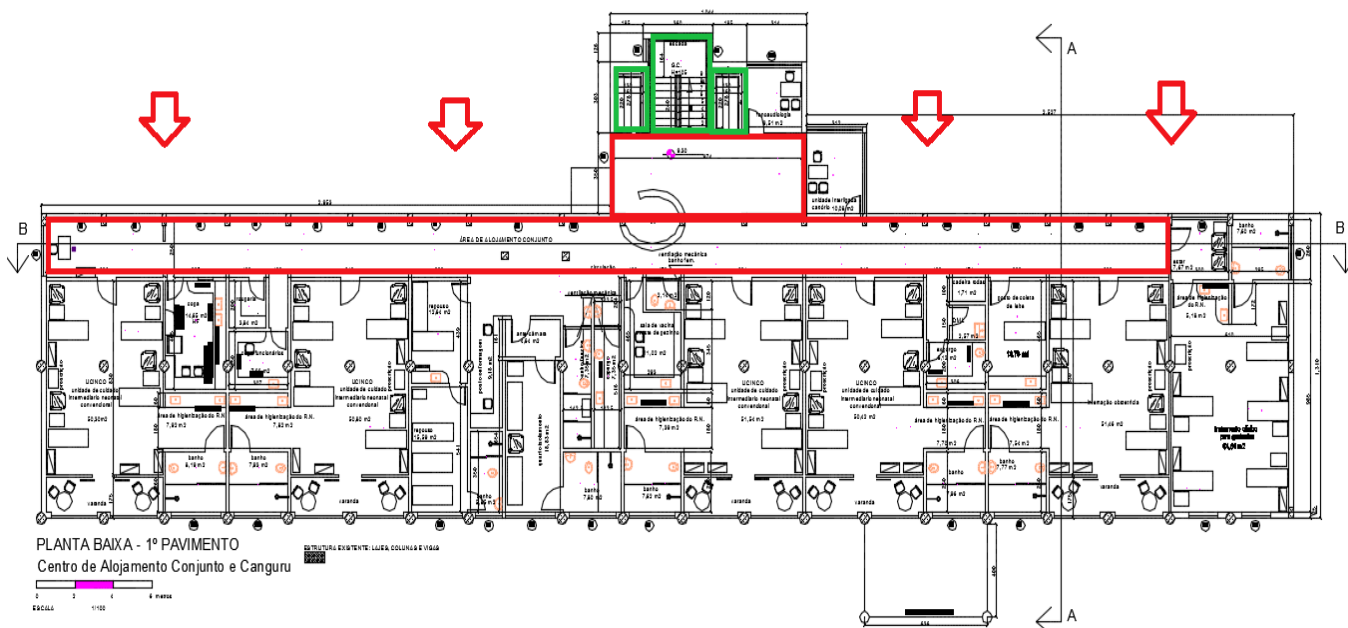
b) UTI neonatal

Fonte: Própria (2018)

Ainda que a incidência solar da tarde (oeste) seja em geral mais agressiva do que o sol da manhã (leste), no fluxograma do edifício da maternidade, a circulação e o núcleo dos elevadores e escadas são localizados do lado oeste. A incidência da luz solar não gera desconforto porque a área da circulação não é local de permanência e o calor não se torna um problema, como pode ser visto na figura 19.

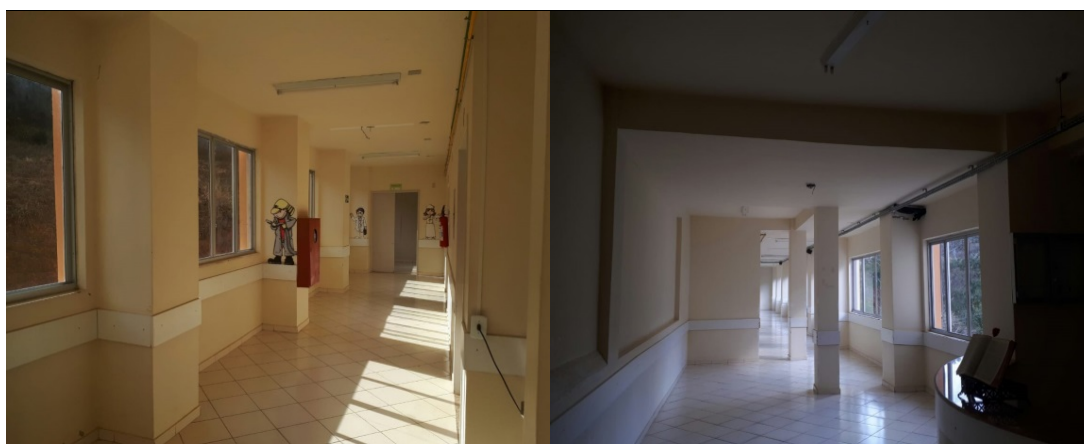
A disposição das janelas dos dois lados da fachada leste e oeste resulta na ventilação cruzada, que além de propiciar o conforto por mecanismo de troca térmica, por convecção, mantêm os índices de umidade moderados.

**Figura 19: Radiação solar fachada oeste.**



Fonte: adequação de planta original (2018)

**Figura 20: Incidência solar no percurso da circulação**



a) Circulação segundo pavimento      b) Área do Hall dos Elevadores

Fonte: Própria (2018)

### 3.3.2 Análise dos equipamentos

A carência de recursos que passa atualmente o Hospital Nossa Senhora Auxiliadora é em grande parte compensado pelo esforço dos diretores e parceiros que lutam em prol de sua recuperação. A direção administrativa evita gastos onde é possível manter o funcionamento. Neste sentido, aparelhos de ar condicionado só existem em ambientes muito específicos, como exemplo a Unidade de Tratamento Intensivo Neonatal. Alguns apartamentos também mantêm o ar condicionado no intuito de não perder pacientes para hospitais particulares.

O uso dos ventiladores em vários dos ambientes é percebido na proporção de quatro ou cinco vezes mais do que o uso do ar condicionado, levando em conta que a maioria dos ambientes não dispõe de nenhum equipamento de condicionamento ou ventilação mecânica do ar. Um contra ponto positivo é o baixo consumo de energia elétrica do hospital maternidade. A grande vantagem decorrente de abertura por toda a extensão das fachadas leste e oeste é a ventilação cruzada que mantém agradáveis as condições de temperatura e umidade.

No intuito de estender a retenção de gastos no sistema de iluminação artificial, são comuns nos 2.566,07m<sup>2</sup> distribuídos em 3 pavimentos em funcionamento encontrar luminária sem lâmpada, quando mais comum ainda são as luminárias para duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 32W dispendo de apenas uma.

O contra ponto positivo desta situação é a preservação das condições de conforto térmico dos ambientes. Importante ressaltar que o CME é uma exceção, uma vez que equipamento de esterilização como é o caso da autoclave gera muito trabalho e conseqüentemente muito calor, e devido ao excesso de luminárias na área de preparo (esterilização).

A carga de potência do somatório de todas as luminárias existentes nos 3 pavimentos em funcionamento do hospital totaliza 12KW, incluindo a soma dos equipamentos auxiliares. Tal carga total do edifício a considerar toda a área interna gera uma densidade de potência de iluminação de apenas 4,69 W/m<sup>2</sup>, que é muito

baixo até mesmo para uma residência. Como comparação, a recomendação da ASHRAE IESNA 90.1 2010 para circulação é de 5W/m<sup>2</sup>.

### **3.4 Levantamento das condicionantes de conforto lumínico**

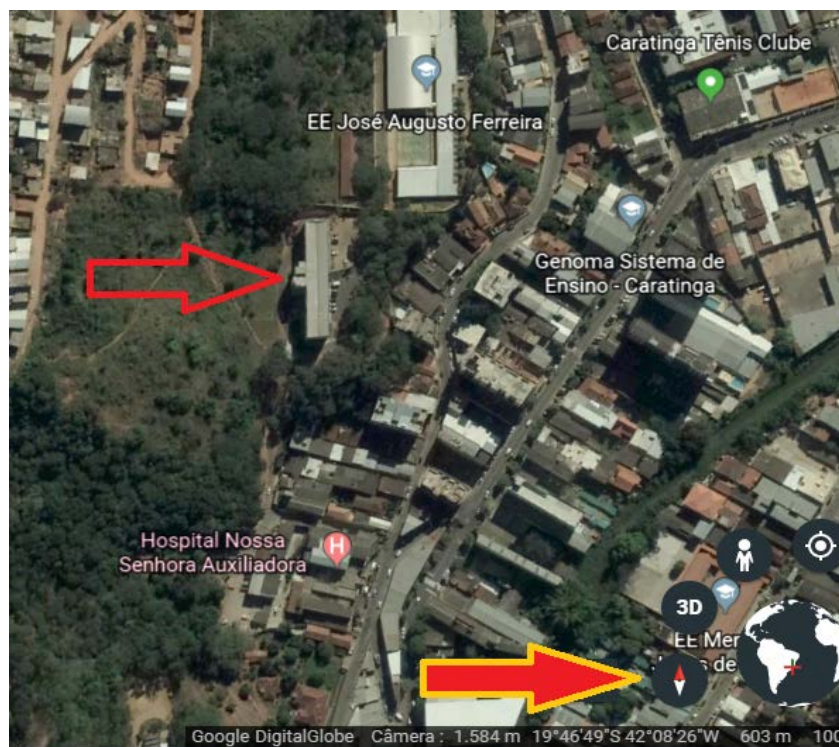
Em todos os aspectos, a luz natural possui qualidade superior à iluminação artificial, sendo altamente recomendável o uso da iluminação natural sempre que possível. No caso da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, a luz natural é fator que contribui para as condições de qualidade lumínica e eficiência energética, devendo também considerar os espaços onde a iluminação artificial se faz protagonista.

#### **3.4.1 Aberturas, posição solar e iluminação natural**

O levantamento dos parâmetros de radiação solar incidente na fachada do edifício se faz através dos dados da latitude do mesmo, da volumetria da construção e da envoltória (aberturas e sistemas construtivos). Na Figura 21 fica claro a direção da coordenada norte identificada por meio da seta vermelho/amarelo e do posicionamento da construção em relação ao sítio e a coordenada norte, indicado pela seta de contorno vermelho.

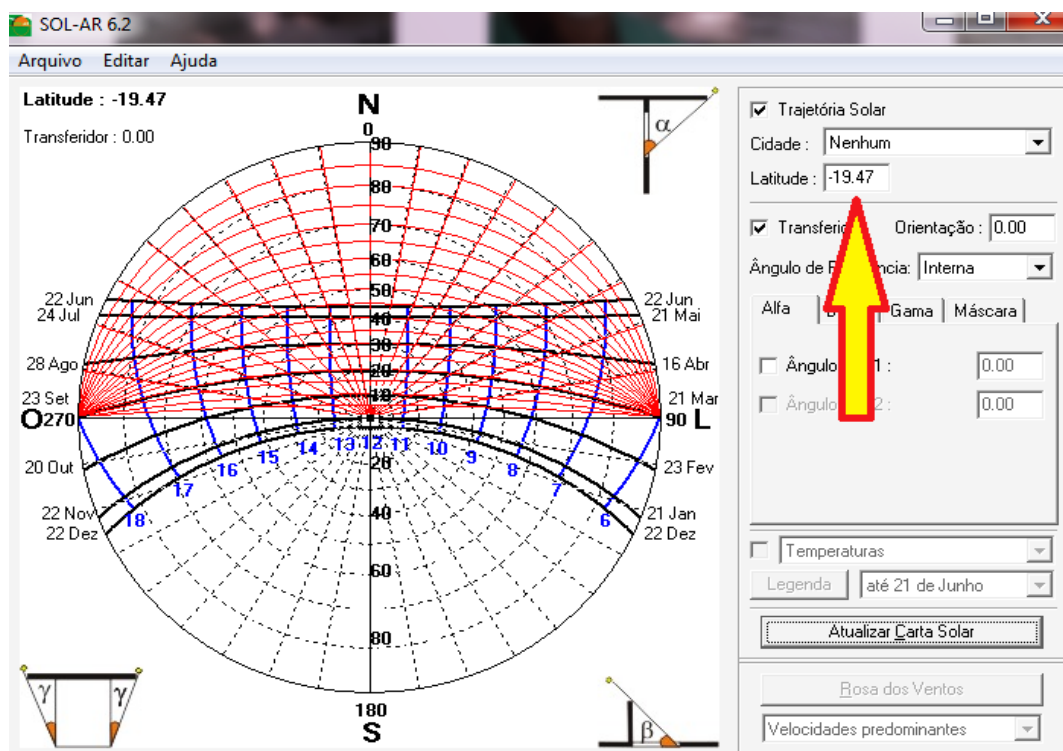
Conforme é apresentado na Figura 21, a construção é livre de intervenções e obstáculos proporcionados por construções vizinhas. Na Figura 22 a carta solar da latitude do sítio, identificado pela seta amarelo/vermelho, que apresenta a trajetória solar no decorrer do ano.

Figura 21: Posição do sítio em relação ao norte



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2018)

Figura 22: Carta solar com base na latitude do sítio

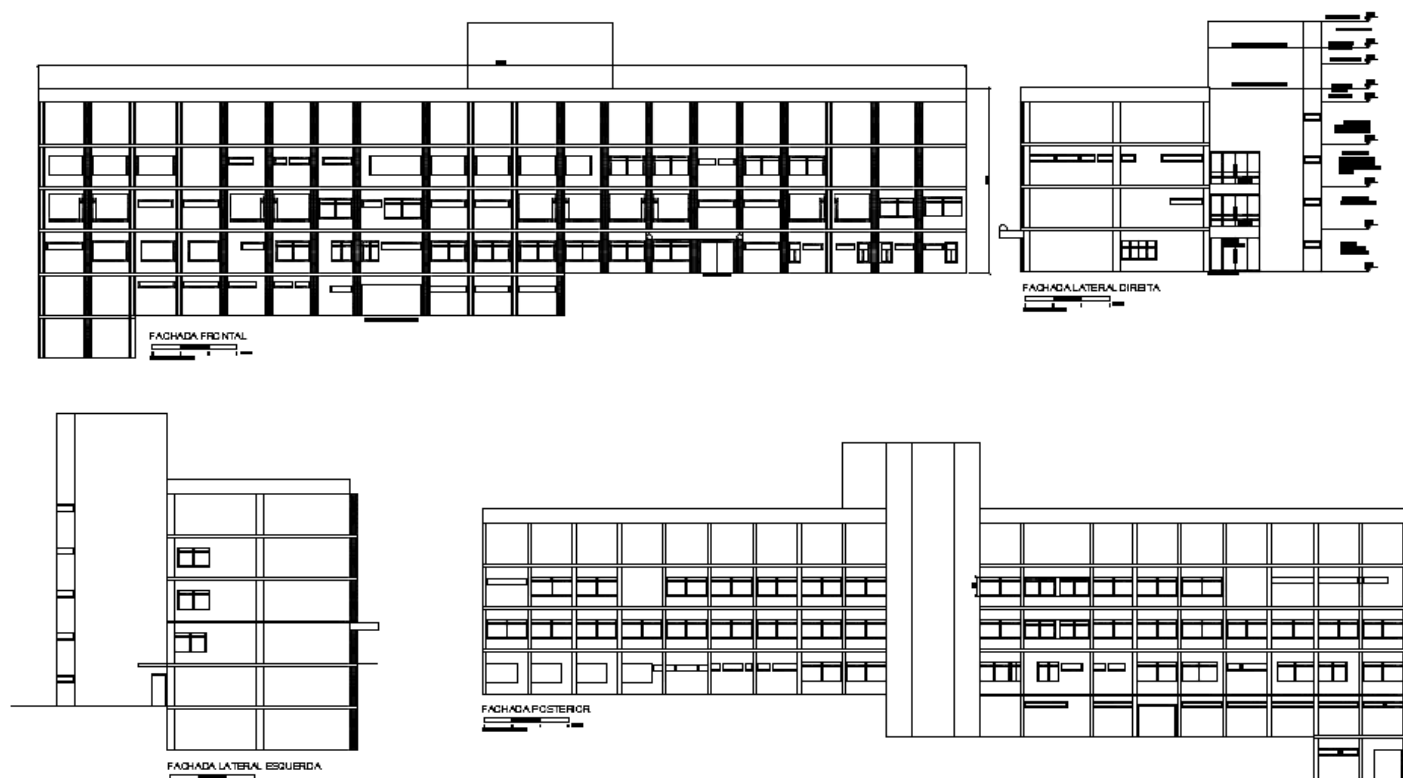


Fonte: (ANALYSIS-SOL-AR, 2018)

O posicionamento da construção Unidade Materno Infantil, do HNSA, em relação ao sol acontece da forma que melhor possibilita aos ambientes internos serem tomados pela radiação solar. No entanto, a considerar a latitude do sítio a 19°47'23"S, que por sua vez significa situar-se entre a linha do Equador (latitude 0°) e o Trópico de Capricórnio (atitude 23°), ou zona tropical (entre os trópicos), deve-se precaver a incidência indesejável que pode causar o desconforto visual.

O edifício tem volumetria horizontal 6500mm x 1300mm x 1300mm (comprimento x largura x altura) que pode ser levantado por meio do projeto do hospital. As fachadas mais expostas a incidência solar (leste e oeste) são as empenas com aberturas em toda a sua extensão. Estas fachadas têm maior área comparadas as demais fachadas: fachada leste e oeste com área média de 845 m<sup>2</sup> (cada), e as fachadas norte e sul têm área média de 169 m<sup>2</sup> (cada). As empenas são cegas em relação as fachadas perpendiculares ao eixo norte e sul e com aberturas em toda a extensão das fachadas perpendiculares ao eixo leste oeste, conforme pode ser visto na Figura 23.

**Figura 23:** Fachadas leste, norte, sul e oeste



Fonte: adequação de planta original pelo autor (2018)



As janelas são de esquadria de alumínio com vidro transparente. No sentido da fachada leste, no térreo, a radiação solar incide em banheiros dos apartamentos, recepção (espera), repouso dos funcionários e centro obstetrício. No centro obstetrício, no entanto, as janelas possuem vidro jateado (Figura 24), precavendo maior parte da absorção da luz solar. No primeiro pavimento a incidência da radiação solar incide nas varandas das UCINCA's, precavendo a incidência excessiva da luz nas unidades. No segundo pavimento as áreas que poderiam ser mais afetadas pela radiação são, respectivamente, a UTI neonatal (Figura 25-b) e UTI adulto (Figura 25-a), sendo a primeira climatizada por ar condicionado e as janelas vedadas por cortinas black out. A UTI adulto está desativada temporariamente até que sejam refeitos as instalações dos elevadores.

No térreo a incidência solar oeste incide nos consultórios e banheiros. Os consultórios dispõem de cortina black out a fim de precaver a incidência solar e propiciar ventilação, respectivamente, circulação dos pavimentos primeiro e segundo são situados junto a fachada oeste, atenuando a radiação até que incida nos apartamentos e UCINCA's. Em todos pavimentos o núcleo dos elevadores e escadas se encontra na fachada oeste, precavendo parte da incidência do período da tarde.

**Figura 24:** Vidro jateado precavendo insolação (Centro Obstetrício)



Fonte: Própria (2018)

**Figura 25:** UTIs no segundo pavimento, fachada leste



a) adulto (desativado)

b) UTI neonatal

Fonte: Própria (2018)

### 3.4.2 Simulação computacional: software lighting analysis Agi32

Os parâmetros de qualidade da iluminação artificial são normatizados pela ABNT/NBR 5413, que indica os níveis de iluminância para cada atividade. O nível de iluminância adequado ao ambiente, de acordo com as tarefas exercidas no ambiente, define o conforto visual lumínico. O método empregado para diagnosticar o nível de iluminância de cada ambiente da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” primeiramente consistiu no levantamento espacial de todas as áreas da maternidade, já que a planta equivalente ao projeto arquitetônico não espelhava o espaço existente. O procedimento seguinte consistiu em identificar as luminárias, lâmpadas e equipamentos auxiliares, quando havia. A identificação quanto ao posicionamento da luminária, pé direito e revestimento das paredes, piso e teto foram considerados, a fim de traçar um diagnóstico tanto quanto próximo da realidade (Tabela 4). A elaboração do nível de iluminamento das áreas e identificação da qualidade lumínica e conforto visual nas áreas da Unidade Materno Infantil conta com programa computacional que é o software de engenharia da



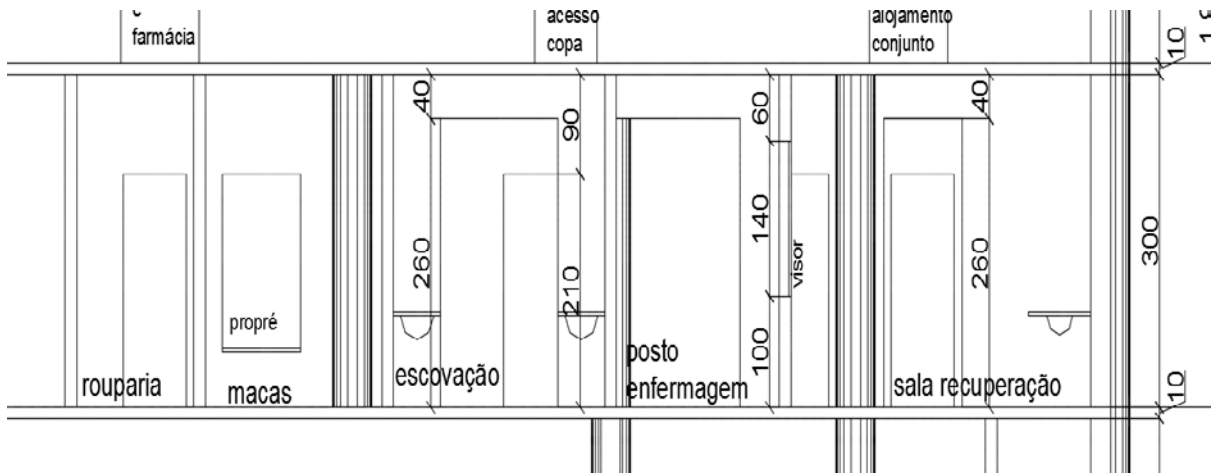
iluminação Lighting analysts AGi 32. O programa calcula o nível de iluminamento a partir da curva de distribuição de luz da luminária e lâmpada específicos instalados, virtualmente, na altura equivalente ao pé direito real do espaço (Figura 26), e considera as variáveis, como depreciação luminosa e características gerais do espaço (cores e superfície de paredes, piso e teto). O método do programa é o chamado cálculo ponto-a-ponto numéricos de luz direta ou refletida incidente em qualquer superfície real ou plano imaginário. Os níveis de iluminamento provenientes da luz natural são desconsiderados na elaboração do cálculo luminotécnico porque a disposição do edifício e a existência de aberturas em toda a extensão das fachadas oeste e leste possibilitam luz suficiente nas áreas onde incide. Neste sentido os cálculos são importantes nas áreas fechadas, e em todos os ambientes da Unidade durante a noite.

**Tabela 4:** Dados relevantes na elaboração do calculo luminotécnico

Pé direito	3.00 m	Forro: laje de concreto armado
Revestimento interno	Paredes: reboco ou fórmica cor creme claro Forro: reboco	Faixa em placa v
Pintura	Tinta acrílica cor creme claro	
Pavimentação	Revestimento cerâmico cor beije claro	
Iluminação	Luminária para duas lâmpadas fluorescentes tubular T8 32W / 6000K (sem difusor) Luminária bocal E-27 para 01 lâmpada fluorescente eletrônica 21W/6500K ou 45W/6500K	São considerados para efeito de cálculo luminotécnico os casos em que a luminária só tem uma lâmpada T8 32W, 21W ou 45W

Fonte: Própria (2018)

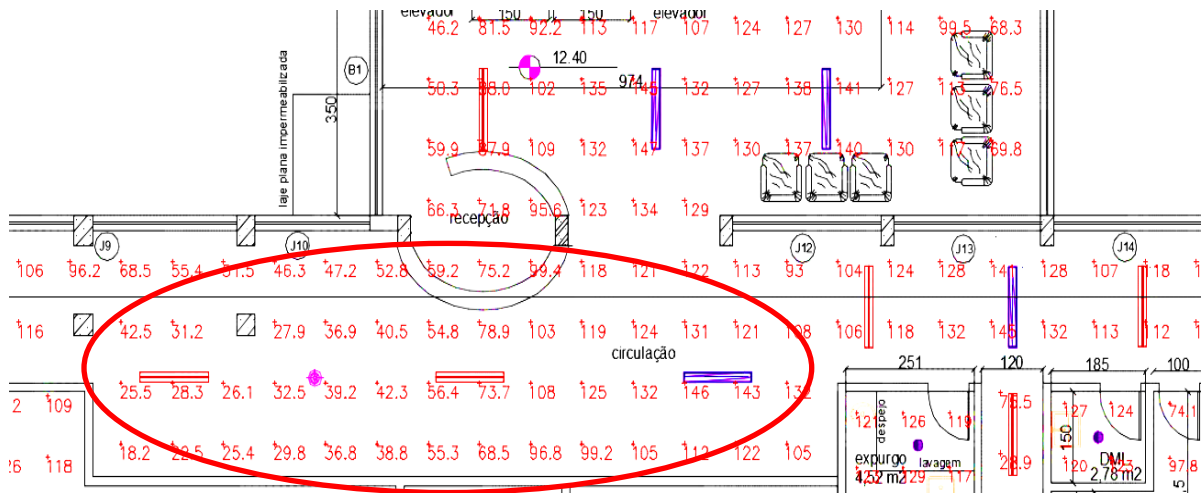
**Figura 26:** Corte longitudinal de algumas das áreas analisadas



Fonte: adaptado do projeto original pelo autor (2018)

O cálculo luminotécnico detectou níveis de iluminamento em ambientes abaixo da norma, com muitas áreas com nível de iluminamento bem abaixo do recomendado pela NBR 5413. Os acessos são as áreas com maior deficiência, apesar de contarem com abundante luz natural durante o dia. Em muitos pontos as luminárias para 2 x FT8 32W estavam com apenas lâmpada e em alguns sem lâmpada alguma. Em alguns pontos as luminárias bocal sustentavam lâmpada FE 21W, em outros casos lâmpada FE 45W e em alguns estavam sem lâmpada.

**Figura 27:** Cálculo ponto a ponto (em lux)









Fonte: Própria (2018)

Conforme apresentado na Figura 27 a área em planta da circulação próxima aos elevadores no segundo pavimento descreve as luminárias existentes in loco nas condições: com duas lâmpadas FT8 32W, com uma lâmpada FT8 32W e sem lâmpada (Tabela 5). O programa de cálculo apresentou níveis de iluminação distintos, de acordo com as áreas, o que é esperado e pertinente, uma vez que o hospital apresenta tarefas distintas. Na Tabela 6 pode ser conferido a média e máxima de iluminação de alguns ambientes de acordo com o cálculo ponto a ponto do software Lighting Analysts AGi 32 e o nível de iluminação, em lux, recomendado pela NBR 5413.

**Tabela 5:** Legenda do projeto luminotécnico

**LEGENDA:**

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. CJ (W)	POT. Tt (W)
	LS01	1 X LED 18W/6500K	-	39	18	702
	LS02	1 X LED 9W / 6500K	-	15	09	135
	LS03	1 X LED 18W/6500K	-	11	18	198
	LS04	2 X LT 18W / 850	-	140	36	5040
	LS05	2 X LT 18W / 850	-	64	36	2304
	LS06	2 X LT 18W / 850	-	31	36	1116

Fonte: Própria (2018)

### 3.4.3 Avaliação de LPD com base na tabela ASHRAE IESNA 90.1

Os parâmetros de eficiência energética em relação a iluminação artificial podem ser conferidos através da Tabela 6, que recomenda as quantidades adequadas de densidade de potência da iluminação artificial, em watts por metro quadrado. A tabela ASHRAE é utilizada por empresas certificadoras de

sustentabilidade, como o LEED e parâmetro relevante no critério de energia e atmosfera.

**Tabela 6:** Parâmetros LPD ASHRAE IESNA 90.1

TABLE 9.6.1	
Common Space Types	LPD (w/m <sup>2</sup> )
Hospital - Emergency	29
Hospital - Laundry-Washing	6
Hospital - MedicalSupply	15
Hospital - Nurse station	11
Hospital - Nursery	6
Hospital - OperatingRoom	24
Hospital - Pharmacy	13
Hospital - PhysicalTherapy	10
Hospital - Recovery	9
Hospital Patient Room	8

Fonte: (ASHRAE, 2010)

O método de elaboração do LPD é muito simples e nem precisa do uso do programa computacional. Para cada espaço basta somar a potências das lâmpadas e equipamentos auxiliares, quando houver, e dividir pela área.

A gama de tarefas existentes no hospital, associados as variações dimensionais dos espaços e seus usos, acrescido da variedade, mesmo que pequena, dos tipos e quantidade de lâmpadas em cada espaço, favorece por consequência a diversidade de resultados.

Os cálculos de nível de iluminação atrelados aos de LPD demonstram resultado evidente da ausência de luminárias nos ambientes. O nível de iluminação é baixo porque demonstra que a recomendação do NBR 5413 é mais alta do que pode ser visto claramente no hospital.

#### 3.4.4 Avaliação comparativa fluorescentes existentes x tecnologia led

O processo metodológico na busca do entendimento quando a qualidade ambiental e eficiência energética da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” trouxe a compreensão quanto ao real contexto que envolve o HNSA. Em decorrência das dificuldades de cunho político, social e econômico pela qual passa o HNSA, que aos poucos se faz claro no processo de pesquisa exploratória, é compreensível a necessidade de separar o que é prioridade do que é urgente.

Dentro deste contexto pode-se afirmar que as questões de cunho energético é procedimento prioritário na evolução do hospital maternidade do HNSA, mas se trata de questões urgentes tudo aquilo que envolve as contas que o hospital precisa sanar e o atendimento ao paciente no aspecto da medicina propriamente dito.

De volta ao assunto da eficiência, mas sem perder de vista a questão da escassez de recursos e necessidade do HNSA de retomar sua dinâmica, foi elaborado método de eficiência energética e qualidade lumínica, com resquícios expressivos na qualidade térmica, e que visa o momento pela qual o hospital passa.

Perceber no hospital, neste processo empírico da pesquisa, as luminárias existentes para duas lâmpadas suportando apenas uma lâmpada, ou luminárias sem nenhuma lâmpada, é questão que parece incoerente a princípio, mas que aos poucos se torna claro ao observar com mais atenção que até onde falta lâmpada foi pensado em como a percepção da urgência em momento de escassez pode ser atitude bem sucedida. No entanto, se a ênfase da pesquisa é a solução da qualidade térmica e lumínica do espaço, visando a eficiência energética, não se deve esquecer a sua real finalidade.

O raciocínio em torno do método de eficiência, qualidade e baixo custo, que foi se adequando ao passo das descobertas do contexto que envolve o hospital, se fez mediante o levantamento dos seguintes dados:








1. quantidade de luminárias para 2 lâmpadas fluorescentes FT8 32W / 850 com duas lâmpadas instaladas;

2. quantidade de luminárias para 2 lâmpadas fluorescentes FT8 32W / 850 com uma lâmpada instalada;
3. quantidade de luminárias para 2 lâmpadas fluorescentes FT8 32W / 850 sem lâmpada instalada;
4. quantidade de luminárias com bocal E27 com uma lâmpada FE 45W/6000K;
5. quantidade de luminárias com bocal E27 com uma lâmpada FE 21W/6000K;
6. quantidade de luminárias com bocal E27 sem lâmpada instalada.

Vale destacar que a quantidade de reatores não é considerada porque a falta da lâmpada se deve a retirada da mesma de forma empírica mediante a necessidade de adequar o mesmo padrão de lâmpada e outra luminária em momento que a ordem é cortar gastos. Isto significa que o equipamento auxiliar, o reator duplo, se mantém a luminária.

**Tabela 7: Cálculo luminotécnico (legenda)**

**LEGENDA:**

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. CJ (W)	POT. Tt (W)
	LS01	1 X FE 45W/6500K	-	39	45	1755
	LS02	1 X FE 21W / 6500K	-	15	21	315
	LS03	SEM LÂMPADA	-	11	-	-
	LS04	1 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	140	38.4	5376
	LS05	2 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	64	70.4	4505
	LS06	SEM LÂMPADA	-	31	-	-
	LC01	24 X LED 5W / 6000K	-	03	132	396
					TOTAL	12.347

Fonte: Própria (2018)

A partir dos dados acima levantados, soma-se a carga de cada tipologia (LS01, LSO2, LSS03, LS04, LS05e LS06) e sabe-se quantidade de potência, média percentual de ausência de 2 lâmpadas ou de uma só lâmpada etc. A partir daí traça uma equivalência entre as lâmpadas fluorescentes existentes com lâmpadas mais eficientes de mercado, neste caso as de tecnologia led, conferindo como resultaria o ganho de energia (menor consumo) e o ganho de qualidade.

Qualidade significa repor as lâmpadas que restam, porém como tecnologia led, considerando que a potência total deve ser ainda menor que as lâmpadas existentes e faltantes em relação a reposição de lâmpadas led, mais as faltantes, trazendo a qualidade visual que o hospital deve alcançar, seja a curto ou médio prazo. A tabela 6 mostra a classificação das luminárias existentes no hospital, na integralidade de todo o térreo, primeiro e segundo pavimentos, que totalizam 2.566,07 m<sup>2</sup>.

Conforme apresenta a Tabela 7, a potência total é de 12.347 W, o que significa 4.8 watts por metro quadrado, que é muito baixo dentro dos padrões que associam qualidade (nível de iluminação em lux) e eficiência (densidade de potência de iluminação) de acordo com as normas, respectivamente, a NBR 5413 e a ASHRAE 2010.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados quanto aos aspectos de qualidade térmica

Os resultados quando aos aspectos de qualidade térmica do edifício são obtidos neste trabalho de forma menos técnica do que relacionado a metodologia empregada para detectar a qualidade lumínica dos ambientes internos. No entanto, os dados obtidos são suficientemente consistentes para concluirmos a avaliação do conforto térmico do edifício, ainda que de forma bem mais empírica do que técnica.

Os resultados quanto aos fatores que influenciam na qualidade térmica dos ambientes internos do térreo, primeiro e segundo pavimentos da Unidade Materno Infante “Grimaldo Barros de Paula” são, basicamente:

1. Implantação e entorno imediato: condições de entorno favoráveis
  - a. Ausência de construções vizinhas e, por conseguinte, de ilhas de calor;
  - b. Presença de vegetação no entorno que favorece a evapotranspiração e redução da temperatura;
  - c. Topografia elevada que permite boa ventilação, o que reduz a temperatura e umidade;
  - d. Posição da construção de modo a receber considerável radiação e calor do sol, ainda que compensado pelos demais fatores e pelas condições da planta e envoltória.
2. Envoltória (Figuras 28-a e 28-b):
  - a. Fachadas com grandes áreas perpendiculares a leste e oeste, promovendo considerável incidência solar e calor. No entanto, a existência de aberturas por toda a extensão das duas fachadas (oeste e leste), opostas instigam a velocidade do ar e ventilação cruzada, o que promove boas condições de umidade relativa do ar e reduz a temperatura por meio do mecanismo de troca térmica denominado de convecção.



**Figura 28: Entorno**

a) Vista através das aberturas

a) Fonte: Própria (2018)

b) Vista aérea

b) Fonte: GOOGLE EARTH (2018)

### 3. Distribuição dos espaços internos e fluxograma

- a. A presença de varandas cobertas no primeiro pavimento da fachada leste é fator primordial para o controle da radiação excessiva proveniente da incidência solar matutina. A circulação no percurso de todo o extremo interno oeste, fazendo parede com a fachada, impede de forma positiva a incidência solar direta nos quartos e unidades de cuidado intermediário neonatal convencional (UCINCA).
- b. As UTIs (neonatal e adulto) no segundo pavimento são alvo da incidência solar incidente na fachada leste, mas a necessidade de condicionamento de ar natural pela tarefa de UTI, desfaz o que nas épocas de maior calor poderia ser um problema térmico.
- c. O Centro Obstétrico existente no térreo dispõe de janelas com vidro jateado e condicionamento de ar nos ambientes com aberturas bem dimensionadas, se tornando, desta forma, um paliativo positivo para precaver o calor da manhã.

### 4. Sistemas de iluminação artificial

- a. A incidência solar excessiva e a escassez de recursos do hospital maternidade resultam em poucas luminárias existentes, que em muitos dos casos permanecem sem lâmpadas. No hospital

somente ambientes que de fato precisam ser iluminados se encontra sistema de iluminação suficiente. As áreas de circulação por exemplo mantem mais de 60% do sistema sem lâmpada. Por tudo isso, o sistema de iluminação não significa aumento térmico aos ambientes.

- b. A exceção é o CME, e mais especificamente na área limpa e de preparo e esterilização, onde os níveis de iluminamento precisam estar entre 500-750 lux.

#### 5. Equipamentos e motores

- a. Devido a escassez de recursos o hospital só mantem aparelhos de ar condicionado onde de fato é indispensável.
- b. Áreas como o CME, onde a autoclave emite muito calor, de fato é área de desconforto térmico, o que corrobora a existência de muita iluminação que precisa manter nível de iluminamento entre 500 e 750 lux. O hospital fez a compra de uma autoclave nova e que está iminente de chegar e já elabora projeto de adequação no CME.
- c. O hospital maternidade tem dimensões amplas, boa ventilação e ainda conta com espaços no HNSA, onde muitos dos ambientes geradores de calor são mantidos lá, como é o caso da lavanderia. Neste sentido, em geral os equipamentos não acarretam no desconforto térmico dos ambientes.

## 4.2 Resultados quanto aos aspectos de qualidade lumínica

O levantamento dos dados no percurso exploratório geraram resultados particulares, de acordo com o ambiente, sua tarefa específica, posicionamento espacial etc, que no capítulo presente constrói conjuntos de resultados para uma avaliação mais abrangente. Se por um lado, no âmbito da qualidade visual e

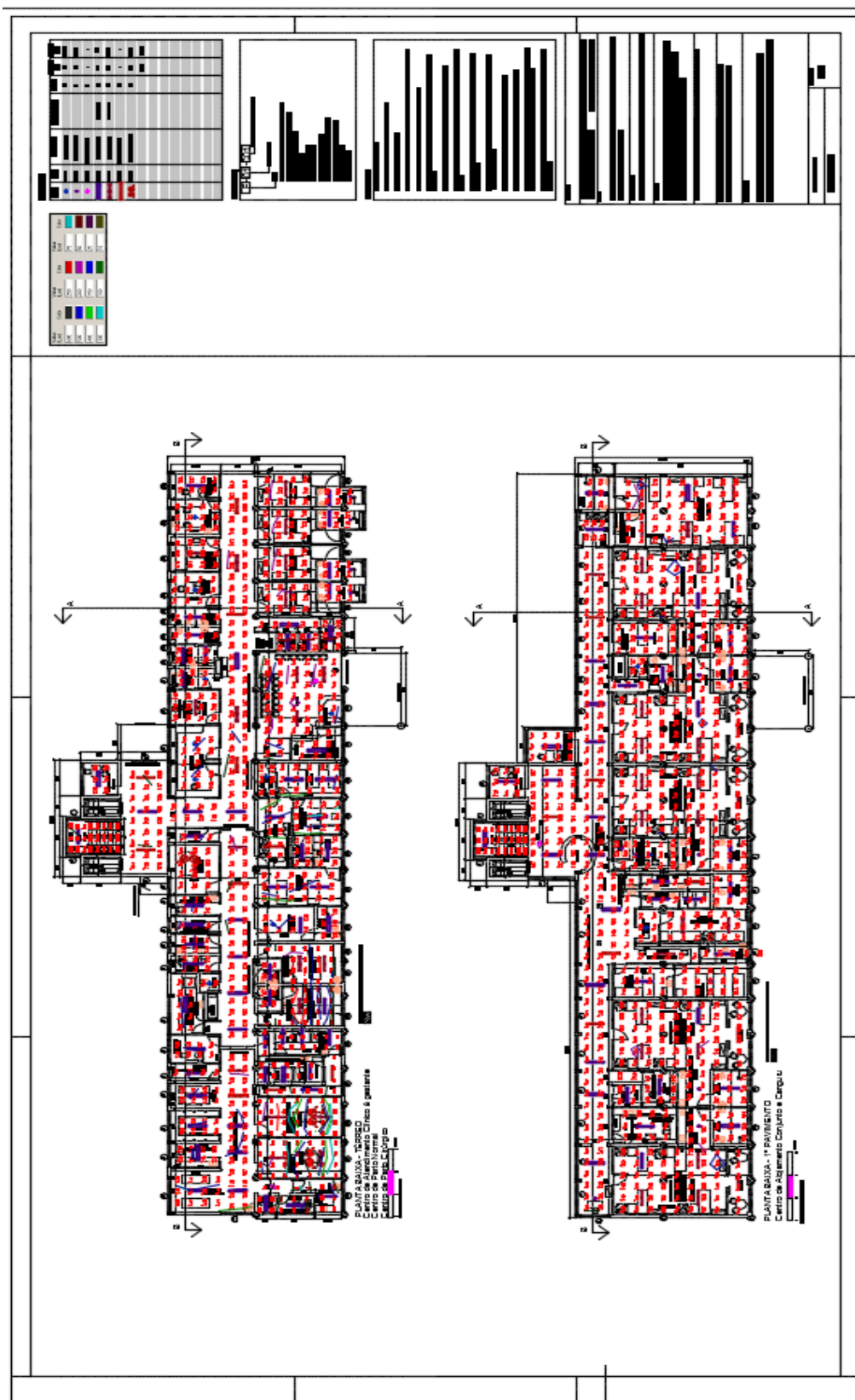
lumínica do ambiente, a iluminação natural garante eficiência, salubridade e qualidade, por outro, os levantamentos em torno do sistema de iluminação artificial apresenta alguns objetivos relevantes: a homogeneidade da iluminação artificial precavendo contrastes e desconforto visual, o nível de iluminamento adequado a todos os ambientes e em qualquer hora do dia, considerando as 24 horas do dia devido ao fato de se tratar de um hospital e a eficiência do sistema.

Os resultados da pesquisa exploratória e técnica dos níveis de iluminamento, baseado nas recomendações da NBR 5413 demonstraram igual frequência nos resultados de eficiência energética por meio da pesquisa empírica do levantamento da densidade de potência da iluminação (LPD) em  $W/m^2$ , com base nas recomendações da tabela ASHRAE IESNA 90-1 2010. Os dois levantamentos refletiram o que pode ser percebido no local, seja através do espaço físico em si, seja com o entendimento do contexto atual do HNSA, nos âmbitos político social e econômico.

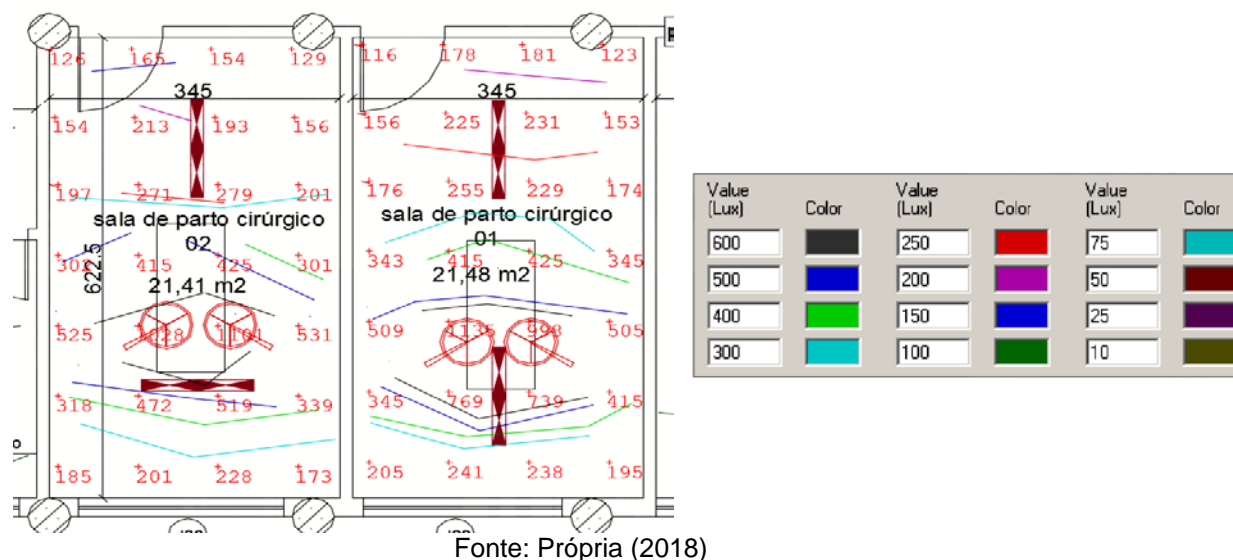
Precisou ser executada a adequação do projeto arquitetônico do espaço físico existente, que estava bem diferente em muitos aspectos do projeto original, quando urgiu em meio a perspectiva de trabalho, a necessidade do projeto tal qual existente, relativo a estrutura, aos sistemas construtivos, fluxograma etc.

Com base no projeto e no levantamento do sistema de iluminação artificial, de modo empírico, lâmpadas a lâmpada, acrescido nas condições construtivas (pé direito, forro, piso revestimentos etc) elaborou-se projeto luminotécnico em planta baixa e cálculo luminotécnico na modalidade ponto a ponto do programa computacional (Figuras 29 e 30), mais especificamente o software de engenharia de iluminação Lighting Analysts AG1 32.

Figura 29: Projeto geral de cálculo ponto a ponto



Fonte: Própria (2018)

**Figura 30:** Projeto de cálculo (salas de parto cirúrgico)**Tabela 8:** Níveis de iluminação objeto de estudo x NBR 5413

Ambiente/tarefa	Nível de iluminação (lux) Agi32 (méd-max)	Iluminamento (lux) recomendado NBR 5413 (méd-max)
Corredores e escadas	80-110	100-150
Lavatórios	90-130	150-200
Cozinhas	90-140	150-300
Escritórios	150-230	300-500
Berçário	100-150	100-150
Quartos para pacientes (geral)	155-200	150-200
Quartos para pacientes (cama)	175-200	150-300
Sala dos médicos	120-160	150-200
Sala dos médicos (mesa de trabalho)	200-230	500-750
Quarto de preparação	160-200	200-300
Arquivo	100-130	150-200
Farmácia (geral)	130-160	150-300
Farmácia (mesa de trabalho)	150-170	500-750
Terapia (física ou aplicada)	140-150	200-300
Depósito de remédios	120-150	150-300
Banheiros (geral)	120-150	150-200
Pronto socorro (geral)	260-585	500-750
Salas de parto (geral)	150-280	200-300
Salas de diagnóstico	170-230	200-300
Departamento cirúrgico (sala de operação) (geral)	437-650	500-750
Sala de esterilização	423-566	500 -750

Fonte: Cálculo Agi32 com dados da pesquisa exploratória. Terceira coluna dados NBR 5413

A Tabela 8 demonstra o nível de iluminamento de alguns ambientes e a Tabela 9 informa os dados de densidade de potência da iluminação artificial (LPD).

**Tabela 9:** LPD objeto de estudo x parâmetro ASHRAE IESNA 90.1

Ambiente/tarefa	LPD obtido (W/m <sup>2</sup> )	LPD norma ASHRAE IESNA 90.1(W/m <sup>2</sup> )
Emergência	12.97	29
Suprimento médico	12.01	15
Enfermaria	4.96	11
Berçário	4.2	06
Sala de operação	15.74	24
Farmácia	4.18	13
Fisioterapia	5.21	10
Recuperação	7.47	09
Quarto do paciente	5.21	08
Circulação – corredor	3.99	05
Cozinha	5.01	13
Armazenamento	4.61	10
Escritório	10.91	12
Quarto	5.24	10

Fonte: Própria (2018); Terceira coluna: (ASHRAE, 2010)

Conforme descrito anteriormente, os resultados de nível de iluminamento e de densidade de potência de iluminação são estreitamente ligados, vistos que a quantidade insuficiente de luminárias, sobretudo com lâmpadas de tecnologia relativamente eficientes, como são as lâmpadas fluorescentes, resultou em densidade de potência de iluminação abaixo do recomendado pela tabela ASHRAE IESNA 90.1 2004, em todos os ambientes.

A Tabela 10 mostra projeto luminotécnico de adequação às luminárias existentes (retrofit), que atenderia a todos os quesitos de qualidade visual: nível de iluminamento adequado, boa distribuição de iluminâncias e eficiência energética. O retrofit consiste na substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led, incluindo a reposição das lâmpadas faltantes, o que visa garantir a qualidade ambiental lumínica, pela ausência de contrastes que geram desconforto visual, e baixa emissão de calor, que provê qualidade térmica do ambiente. É muito importante destacar neste trabalho que ambientes como hospitais devem empregar luminárias herméticas, precavendo infecções ocasionadas pelos resíduos tóxicos e poluentes provenientes das lâmpadas.

**Tabela 10:** Proposta luminotécnica (retrofit) opção LED**LEGENDA:**

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. CJ (W)	POT. Tt (W)
	LS01	1 X LED 18W/6500K	-	39	18	702
	LS02	1 X LED 9W / 6500K		15	09	135
	LS03	1 X LED 18W/6500K		11	18	198
	LS04	2 X LT 18W / 850		140	36	5040
	LS05	2 X LT 18W / 850		64	36	2304
	LS06	2 X LT 18W / 850		31	36	1116
	LC01	24 X LED 5W / 6000K	-	03	132	396
						<b>TOTAL</b> 9.891

Fonte: Própria (2018)

**Tabela 11:** Sistema de iluminação artificial existente**LEGENDA:**

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. CJ (W)	POT. Tt (W)
	LS01	1 X FE 45W/6500K	-	39	45	1755
	LS02	1 X FE 21W / 6500K		15	21	315
	LS03	SEM LÂMPADA		11	-	-
	LS04	1 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	140	38.4	5376
	LS05	2 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	64	70.4	4505
	LS06	SEM LÂMPADA	-	31	-	-
	LC01	24 X LED 5W / 6000K	-	03	132	396
						<b>TOTAL</b> 12.347

Fonte: Própria (2018)

Os dados quanto aos níveis de iluminância (em lux), e densidade de potência de iluminação (LPD) do hospital maternidade obtiveram resultado abaixo da média recomendada pelas normas da ABNT NBR 5413 e da tabela ASHRAE IESNA 90.1, respectivamente, o que demonstra iluminação insuficiente de luz artificial, quanto de consumo de energia elétrica. A área de 2.566,07m<sup>2</sup> que o hospital ocupa em funcionamento (subsolos e quarto pavimento estão desativados) consome 12.347 W (Tabela 11), o que equivale em LPD, 4.8 Watts por metros quadrado. No entanto, a



luz natural abundante compensa a insuficiente iluminação artificial. Por outro lado, os espaços onde a tarefa requer níveis maiores de iluminação, se percebe quantidade de luminárias em maior quantidade, comportando todas as suas lâmpadas. Na tabela 8, podem ser observados que áreas como Pronto socorro (luz geral), Salas de parto (luz geral), Salas de diagnóstico, Sala de operação (geral / Figura 31-a) e Sala de esterilização (CME preparo / Figura 31-b) as médias máximas estão acima das médias da NBR 5413 (Tabela 12). Ao contrário dos indicativos sugeridos pela falta de lâmpadas em vários locais do hospital, as enfermeiras se mostram satisfeitas com o nível de iluminação, que reflete a Tabela 8.

**Figura 31:** Níveis de iluminância:



a) Sala de operação

a) Fonte: Própria (2018)

b) CME

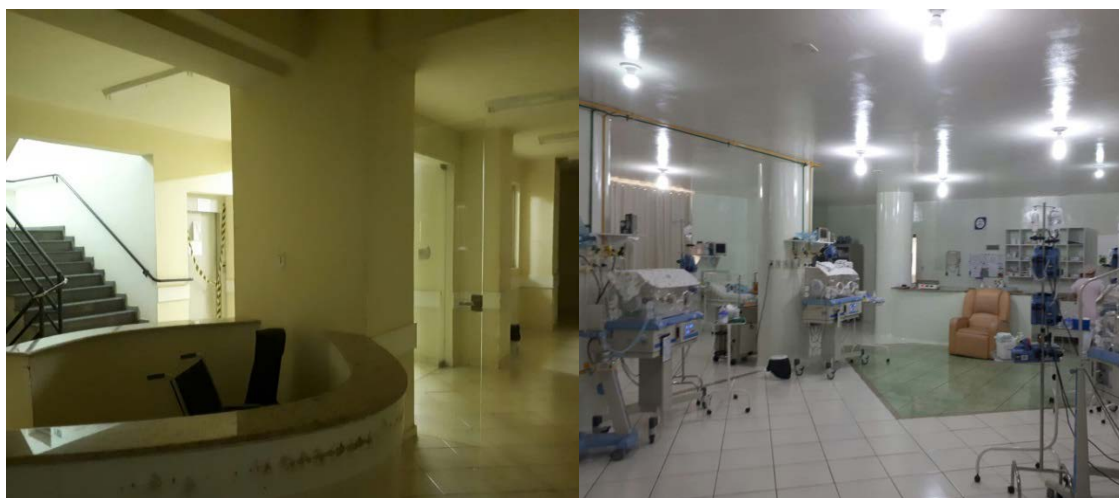
b) Fonte: Própria (2018)

**Tabela 12:** Níveis de iluminação objeto de estudo x NBR5413

Banheiros (geral)	120-150	150-200
Pronto socorro (geral)	260-585	500-750
Salas de parto (geral)	150-280	200-300
Salas de diagnóstico	170-230	200-300
Departamento cirúrgico (sala de operação) (geral)	437-650	500-750
Sala de esterilização	423-566	500-750

Fonte: Própria (2018)



**Figura 32:** Unidade Materno no período noturno

a) Hall elevadores

a) Fonte: Própria (2018)

b) Iluminância UTI Neonatal

b) Fonte: Própria (2018)

Algumas das atividades do hospital não funcionam no período noturno. Uma vez que durante a noite não há iluminação natural e cabe apenas a iluminação artificial o ofício de garantir a execução das tarefas com segurança e acuidade visual, há ligadas apenas a quantidade necessária para manter as atividades noturnas. Para quem visita o hospital o que se vê são corredores com iluminação que garanta a orientação do paciente e do visitante (Figura 32-a). No entanto os ambientes com tarefas que requer níveis de iluminação mais elevadas o hospital oferece estrutura com sistema de iluminação artificial satisfatórias (Figura 32-b).

## 5 CONCLUSÕES

As conclusões do presente trabalho se mostraram diferentes do que era de se esperar no início de sua elaboração, em vários aspectos. De fato, a pesquisa enredada de objetivos e hipóteses pode direcionar os procedimentos metodológicos, os resultados e, por conseguinte a conclusão. Não obstante, o aprendizado adquirido no processo foi acima de qualquer expectativa.

Conclusão 01: Uma das principais hipóteses apresentadas na elaboração inicial, ainda da etapa do TCC1, e que se mostrou inconsistente no decorrer da pesquisa exploratória, foi a hipótese de que a envoltória em estrutura existente era empecilho para o desempenho energético. A pesquisa demonstrou que tanto a envoltória quanto a estrutura, e também a construção, volumetria, e implantação são os fatores mais benéficos do edifício. O entorno imediato e implantação, assim como a relação da construção com as coordenadas solares, e a envoltória com janelas dispostas em toda a extensão das fachadas de maior área, dispostas perpendicularmente ao eixo leste oeste possibilitaram ao edifício espaços de inegável qualidade térmica e lumínica. Graças a incidência do sol na construção, associado a ventilação cruzada abundante, a ausência de lâmpadas em vários locais da maternidade não significa precariedade no conforto visual.

Conclusão 02: Os aspectos de cunho político social cultural e econômico que contextualiza o Hospital Nossa Senhora Auxiliadora, que por sua vez engloba a Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula”, fazem perceber que a qualidade térmica é existente na construção. Se a princípio o hospital parecia uma estrutura decadente e a falta de lâmpadas sugeria problemas sérios de qualidade ambiental, na trajetória da pesquisa se descobre que os problemas são de ordem sócio econômico e sobretudo, de ordem política. Os relatos de funcionários e pacientes durante as visitas ao local elucidam problemas em relação a falta dos elevadores e rampa, ao mesmo tempo que elucidam o conforto qualitativo térmico e visual.

Conclusão 03: A análise quanto aos parâmetros e critérios dos sistemas de avaliação LEED e AQUA traz a elucidação de aspectos de cunho ambiental muito relevantes. Vários parâmetros são absolutamente viáveis de seguir, como por

exemplo, a relação de uniformidade da iluminação em razão da distância padrão duas luminárias entre si e distância padrão entre as mesmas com relação a área de trabalho. Este é um parâmetro da certificação AQUA. Outro importante critério de avaliação é a tabela ASHRAE IESNA 90.1, sendo esta um parâmetro empregado pela certificação LEED.

No entanto, num âmbito geral, os parâmetros de sistemas de avaliação como LEED e AQUA encontra maior viabilidade de aplicação em empreendimentos de grande porte. A condição de sobrevivência do hospital maternidade encontra qualidade e conforto ambiental na observância quanto a sua especificidade. O maior exemplo disso é descobrir que a falta de algumas lâmpadas não significa decadência, mas canalização de recursos onde de fato se faz necessário. Obviamente que o almejado para o hospital em relação ao sistema de iluminação artificial seria que todas as luminárias tivessem compostas de suas respectivas lâmpadas e o ambiente alcançasse iluminação homogênea, mas é interessante como o hospital consome energia elétrica sem que o mesmo tenha carência de luz. Observa-se com o tempo que todos os espaços onde a luz é indispensável há a existência de luminárias compostas de duas lâmpadas.

Conclusão 04: a conclusão 04 é de certo modo um complemento da terceira conclusão. Contrariando a hipótese de que a planilha orçamentária do hospital HNSA em relação a Unidade Grimaldo Barros tem percentual exorbitante relacionado ao consumo de energia elétrica, o que se descobre no decorrer do processo de pesquisa exploratória é que o hospital consome percentual baixo de energia elétrica, comparado à estimativas padrão de consumo para o seu uso.

Conclusão 05: Apesar dos dados de níveis de iluminância (em lux), e de densidade de potência de iluminação (LPD) do hospital maternidade obtidos estarem abaixo do que é recomendado pelas normas da ABNT NBR 5413 e da tabela ASHRAE IESNA 90.1, respectivamente, na realidade do hospital, o mesmo não demonstra problemas de conforto visual. Como mostrado anteriormente, as áreas com tarefas que requer níveis mais elevados de iluminamento, há nestes ambientes quantidade de iluminação artificial suficiente para o cumprimento das tarefas. É por conclusões empíricas como estas que o presente trabalho de pesquisa exploratório percebe que a realidade de um hospital público nem sempre anda na mesma realidade dos parâmetros de sistemas de avaliação de sustentabilidade, que por sua

vez demonstram parâmetros de excelência qualitativa. No entanto, não se pode deixar de esclarecer que existe ainda um processo de qualificação ambiental pelo qual o hospital maternidade pode e deve alcançar. Neste sentido a proposta luminotécnica retrofit que defende a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led, com o acréscimo das lâmpadas faltantes nas luminárias, é um dos meios de melhoria, compatíveis com a condição real do objeto de estudo desta pesquisa.

A conclusão síntese do trabalho: a Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” possui expressivo potencial de qualidade ambiental na sua plenitude, que pode ser obtido de forma simples, já que possui condições ambientais muito favoráveis. No entanto, os desafios de ordem política têm sido um empecilho a excelência da qualidade ambiental do edifício e ambientes internos.

Para trabalhos futuros, a adequação de lâmpadas de tecnologia LED, em caráter de retrofit (quando se mantém as luminárias existentes) proposta pelo presente trabalho é meio viável e compatível a realidade da Unidade Materno Infantil “Grimaldo Barros de Paula” e que garante qualidade visual de acordo com as normas NBR 5413, proporcionando homogeneidade, acuidade visual e economia de energia. Atualmente, neste ano de 2018, o hospital investe na construção de um elevador regulamentado e dentro das normas, o que pode ser conferido *in loco* mediante a construção da caixa do elevador em questão, e com a pessoa responsável pela administração do hospital, que eu pode comprovar também a aquisição do elevador. A perspectiva é de muito em breve a adequação de lâmpadas LED sejam executadas para melhor conforto visual (qualidade da luz) e conforto térmico (menor radiação térmica proporcionada pelas lâmpadas LED).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANALYSIS-SOL-AR: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar> (acesso em 12 de outubro de 2018)

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. *Proposed Addendum by to ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Second Public Review Draft (January 2010). ASHRAE Standard 90.1 – 2010. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: *iluminância de interiores*. Rio de Janeiro, 1992.

AZEVEDO AC. *Indicadores de Qualidade e Produtividade em Serviços de Saúde*. Ver Ind Qual Product Ipea 1993

BADO, Fernando Arcos Del Castilho. *Avaliação de Satisfação dos Usuários de um Edifício de Escritório Baseada em Normas em Exigências de Servibilidade Padronizados pela ASTM (2000)*. Escola Politécnica/USP. São Paulo, 2014

BARDELIN, C.E.A. *Os Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica*. Dissertação apresentada à escola Politécnica de São Paulo, 2004.

CAMPOS, Clarissa Cordeiro de. *Eficiência Energética em Edifícios Hospitalares obtida por meio de estratégias passivas: Estudo da redução do consumo com climatização artificial para arrefecimento do ar em salas de cirurgia*. FAU/USP. São Paulo, 2013.

CARVALHO L.F. *Padrões mínimos de organização de hospitais*. Rev Paul Hosp 1973; 21 (3): 107

CHRISTOPOULOS, Sofia Campos. *Desempenho Térmico e Eficiência Energética em Ambiente Hospitalar: Estudo da achada do setor de internação do Hospital do Coração, localizado na cidade de Maceió*. PROARQ/FAU Alagoas. Maceió, 2017.

COELHO, Laurimar. *Carimbo Verde*. Revista Técnica, n155, p32-39, Fev. 2010.

COMIRAN, Sheila. *Conforto e Desempenho Térmico em Hospitais: Estudo de caso de Internação do hospital Universitário Santa Maria/RS*, dissertação de mestrado UFSM, RS, Santa Maria, RS, 2014

CORACINI, Maria Clara. *Green Building in the New Green Economy Building a Sustainable Future*. Apresentação GBCB, 2011

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Revan, 2003

COSTI, M. *A influência da luz e da cor em salas de espera e corredores hospitalares*, Editora EDIPUCRS, 1ª edição, Porto Alegre, 2002, 250 p.

DANELLA, Marcos; JANNUZZI, Gilberto De Martino. *Projeto de Eficiência Energética no Hospital de Clínicas da UNICAMP*. Belo Horizonte, 2006

DONAIRE, Denis. *Gestão ambiental na empresa*. São Paulo: Atlas 1995.

GBC BRASIL: disponível em (acesso em 16 de outubro de 2018): [http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php#prettyPhoto\[iframe\]/0/](http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php#prettyPhoto[iframe]/0/)

GOOGLE EARTH: Disponível em (acesso em 18 de outubro de 2018): <https://earth.google.com/web/@-19.78384106,-42.14290331,626.03497165a,260.13227987d,35y,-21.06161268h,60.00046828t,0r>

FOUCAULT, Liane. *Conforto lumínico e acústico em edificação hospitalar; uma APO qualitativa da Unidade de tratamento Intensivo neuro-vascular do Hospital da Neficiencia Portugues – RJ*. Dissertação de Mestrado (PROARQ de Pós Graduação em Arquitetura). Rio de Janeiro, UFRJ/FAU, 2000

FOUCAULT, M. – *Microfísica do Poder*, editora Graal, Rio de Janeiro, 1989.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. *Manual de conforto Térmico*. 5º.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p.

GIVONI, B. *Confort, climate analysus and building design guidelines*. Energy and building, vol. 18,p.11 – 23, july, 1992

GÓES, Ronald de. *Manual prático de arquitetura hospitalar*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004

GOMES, R.J. *Condicionamento climático da envolvente dos edifícios para habitação*. Lisboa / Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1962.

GUIA PRÁTICO AQUA-HQE. *Edifícios em Operação, Edifício Sustentável*. Fundação Vanzolini e Cerway. Janeiro de 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Brasil – Climas*. Biblioteca IBGE. 2014

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 1990.

JORNADA, João Alziro Herz da. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) / INMETRO*, 2013

LABAKI, L.C.; BUENO-BARTHLOMEI, C.L. *Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas – SP*. In: ENCAC – VI Encontro nacional e III Encontro latino Americano sobre conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP, 11 a 14 de novembro de 2001.

LAMBERTS, Roberto. *Desempenho Térmico de Edificações*. CTC-Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016

LEITE, Vinicius Fares. *Certificação Ambiental na construção Civil – sistemas LEED e AQUA*. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2011

LUKIANCHUKI, Marieli Azoia. *A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Figueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e Rio de Janeiro*. 2010. 320p. Dissertação (Mestrado) – escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos, 2010

MACEACHERN, Malcom T. (1951), *Hospital organization and management*. Chicago: Physicians Record.

MACÊDO, Catharina Cavalcante. *Análise do Desempenho Térmico e Luminoso de Sistemas de Iluminação Natural que utilizam a luz direta do sol*. Dissertação de mestrado. UFSC, 2002

MAGALHÃES, M.A. de A. *O projeto de Iluminação natural: edificações escolares*. In: ENCAC – IV Encontro Nacional e I Encontro latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Salvador, BA, 1997.

MICHELIN, L. C. – *Anatomia dos edifícios hospitalares*, Editora CEDAS, São Paulo, 1992, 241 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Avaliação de Políticas de Saúde. Manual Brasileiro de acreditação hospitalar*. 2º ed. Brasileira (DF) 1999

OLIVEIRA, Juliana Simili de. *Humanização em Saúde: arquitetura em enfermarias pediátricas*, dissertação UFJF, Juiz de Fora, 2012

PINHEIRO, M. D. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Lisboa. 2006

PIZARRO, Roberta Paula. *Estudo das Variáveis de Conforto Térmico e Luminoso em Ambientes Escolares*. Dissertação Universidade Paulista, Bauru, 2005

RAMOS, Greici; LAMBERTS, Roberts. *Relatório Técnico do Método de Avaliação do Sistema de Iluminação do RTQ-C*. Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016

RITTER, Viviane Mulech. *Avaliação das Condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno: O Caso do Campus Pelotas Visconde da Graça*, Pelotas, 2014

ROCHA, Carlos Eduardo. *Arquitetura e Saúde: visão histórica*. 2013. Disponível em <http://othaudoblog.blogspot.com/2013/11/arquitetura-e-saude>. Acesso em 20 de Novembro de 2018

SILVA, Kleber Pinto. "A ideia de função para a arquitetura: o hospital e o século XVIII – parte 1/6. Considerações preliminares e a gênese do hospital moderno: Tenon e o Incêndio do Hôtel-Dieu de Paris". *Arquitextos*, n.009. Texto Especial nº 060. São Paulo, *Portal Vitruvius*, fev. 2001. Disponível em (acesso em 14 de novembro de 2018) [www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp).

VARGAS, Raunilo Hypolito Júnior. *Análise de Potência de Conservação de Energia Elétrica em Hospitais Públicos de Pequeno Porte no Brasil: sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Tipo Janela*. COPPE/URFJ. Rio de Janeiro, 2006



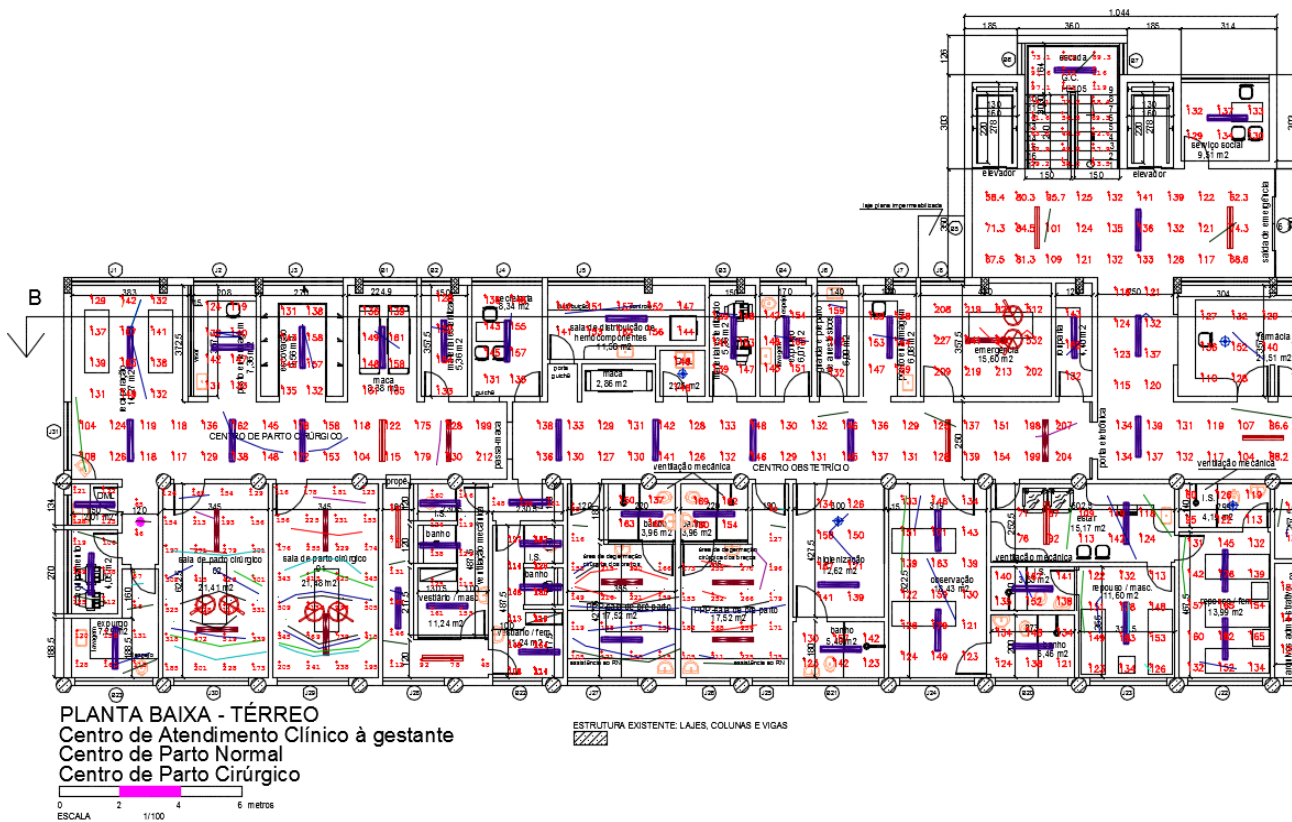
SILVA, Kleber Pinto. "A ideia de função para a arquitetura: o hospital e o século XVIII – parte 1/6. Considerações preliminares e a gênese do hospital moderno: Tenon e o Incêndio do Hôtel-Dieu de Paris". *Arquitextos*, n.009. Texto Especial nº 060. São Paulo, *Portal Vitruvius*, fev. 2001. Disponível em (acesso em 14 de novembro de 2018) [www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp).

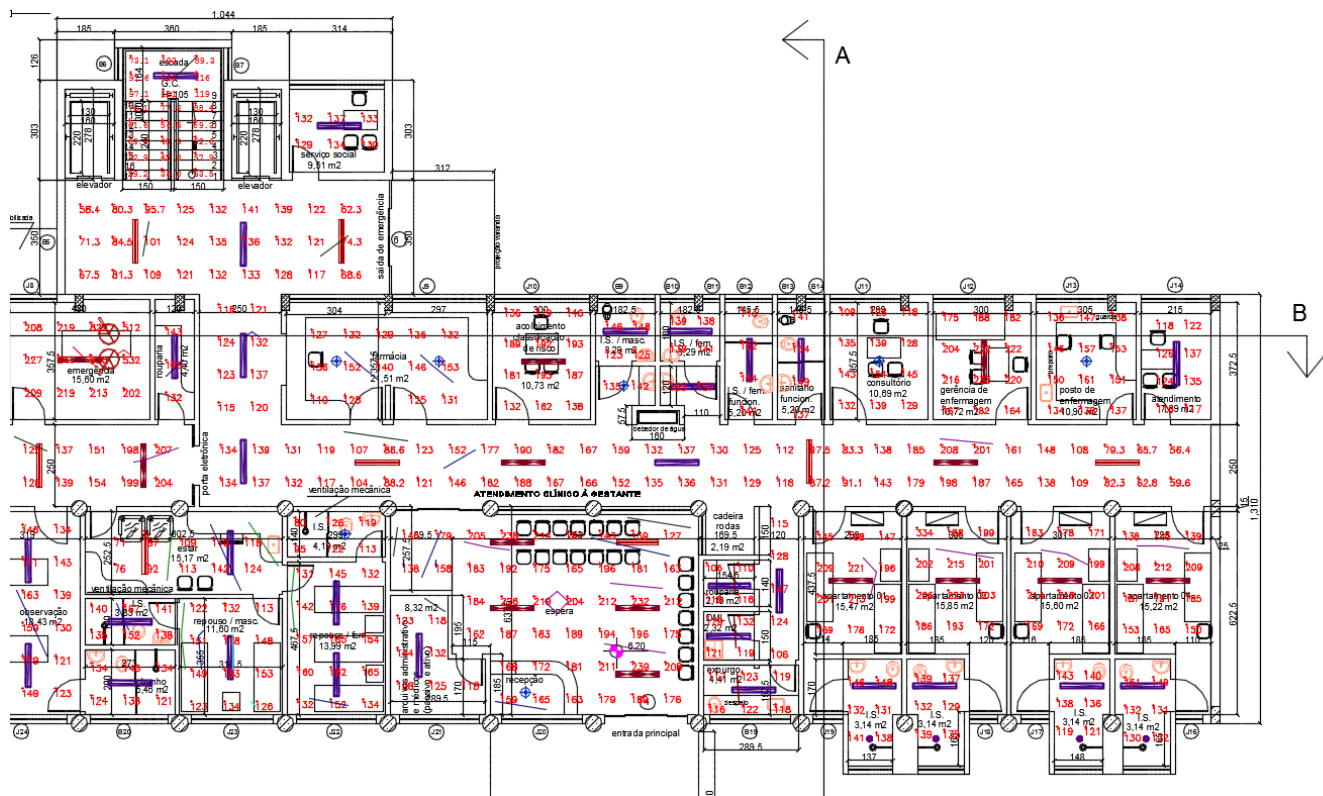
# ANEXO A



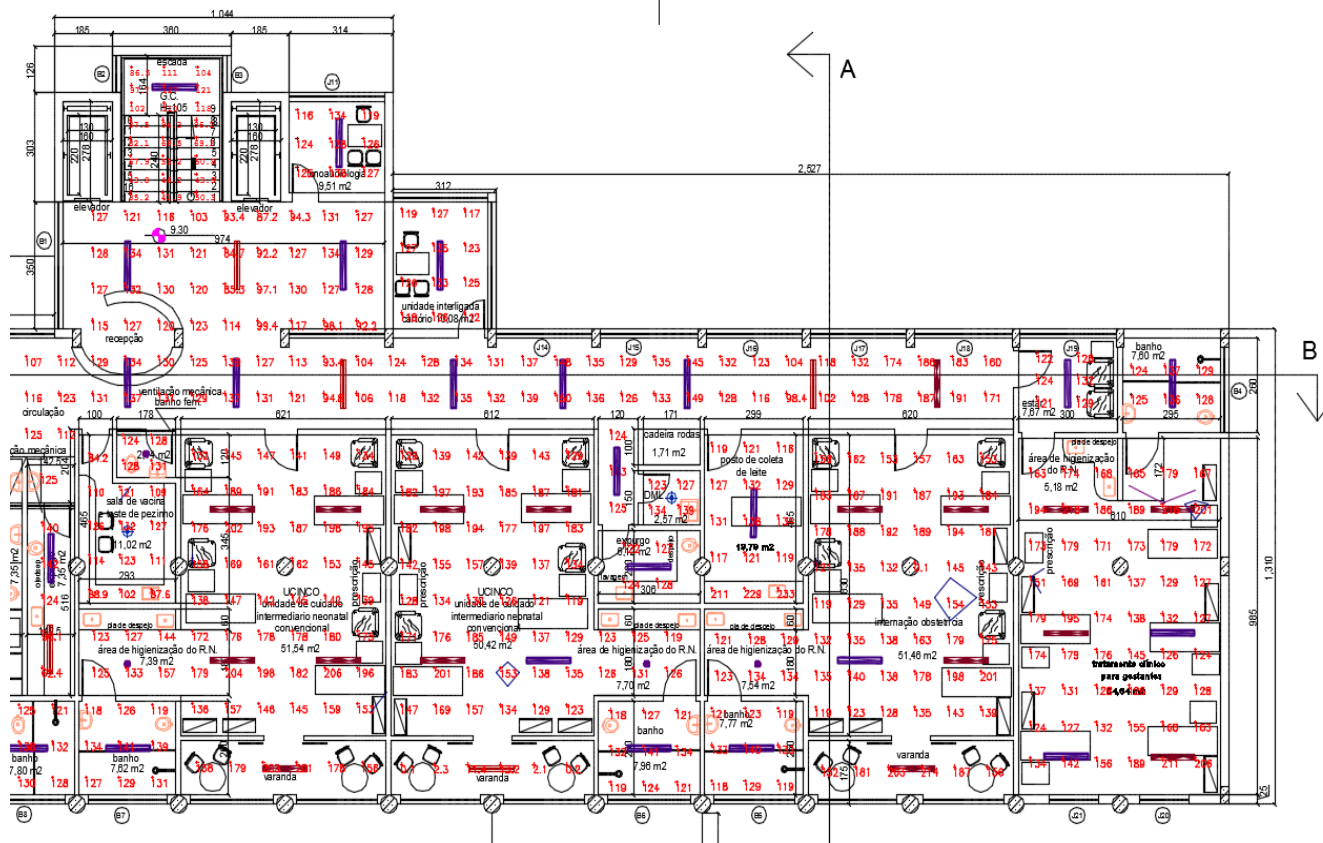
CLIENTE	
Hospital Nossa Senhora Auxiliadora - Unidade Materno Infantil "Grimaldo Barros de Paula" CNPJ: 193.144.420.0001/30	
OBRA	
Aproveitamento de estrutura existente: Unidade Materno Infantil "Grimaldo Barros de Paula"	
LOCALIZAÇÃO	
Rua Deputado José Augusto Ferreira 89 - Centro, Caratinga - MG	
PROJETO	
Elaboração de planta conforme espaço existente para atender ao programa de estágio: Convênio Faculdades Doctum de Caratinga e Hospital Nossa Senhora Auxiliadora	
RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DA PLANTA CONFORME ESPAÇO EXISTENTE	
Rogério Francisco Werly Costa - estagiário e aluno de engenharia elétrica/Faculdades Doctum de Caratinga	
CONTEÚDO	
PLANTA BAIXA TÉRREO / PROJETO LUMINOTÉCNICO PLANTA BAIXA 1 PAVIMENTO / PROJETO LUMINOTÉCNICO	
ESCALA: INDICADA	PRANCHA
AGOSTO/2018	01/02

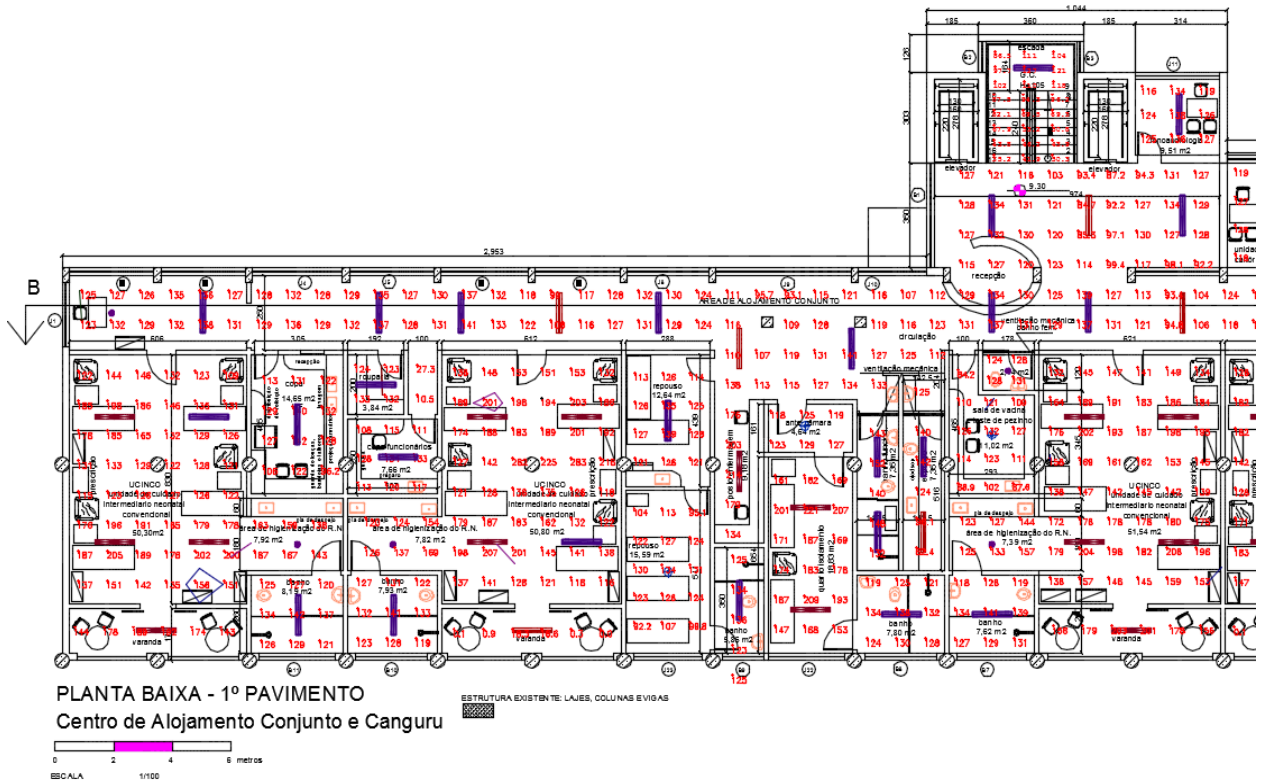
### TÉRREO





PRIMEIRO PAVIMENTO





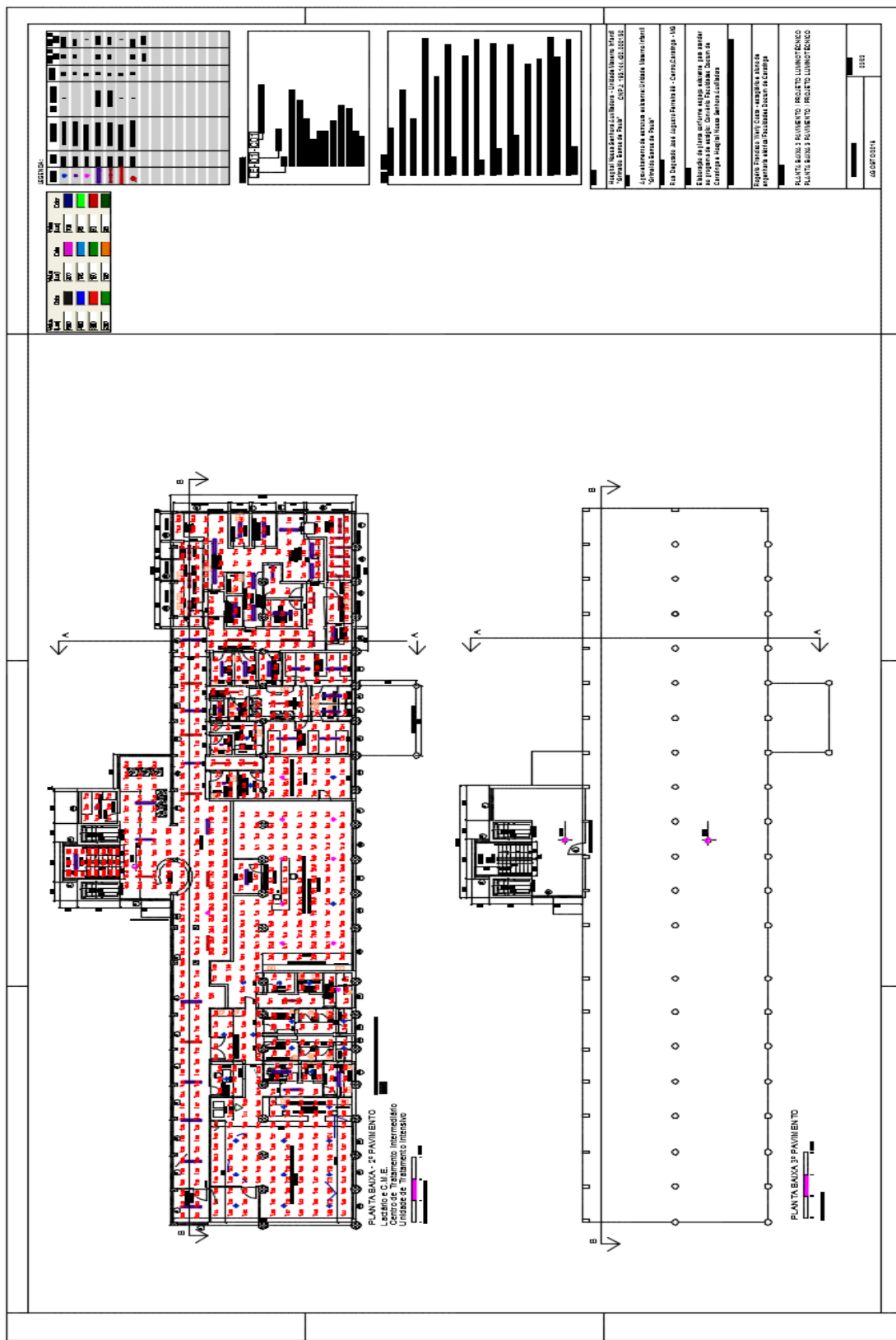
### CURVAS ISOLINES E LEGENDA (SEGUNDO PAVIMENTO)

Value (Lux)	Color	Value (Lux)	Color	Value (Lux)	Color
600	Black	250	Red	75	Cyan
500	Blue	200	Magenta	50	Brown
400	Green	150	Blue	25	Purple
300	Cyan	100	Dark Green	10	Olive

#### LEGENDA:

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. CJ (W)	POT. TT (W)
	LS01	1 X FE 45W/6500K	-	39	45	1755
	LS02	1 X FE 21W / 6500K	-	15	21	315
	LS03	SEM LÂMPADA	-	11	-	-
	LS04	1 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	140	38.4	5376
	LS05	2 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	64	70.4	4505
	LS06	SEM LÂMPADA	-	31	-	-
	LC01	24 X LED SW / 6000K	-	03	132	396
					<b>TOTAL</b>	<b>12.347</b>

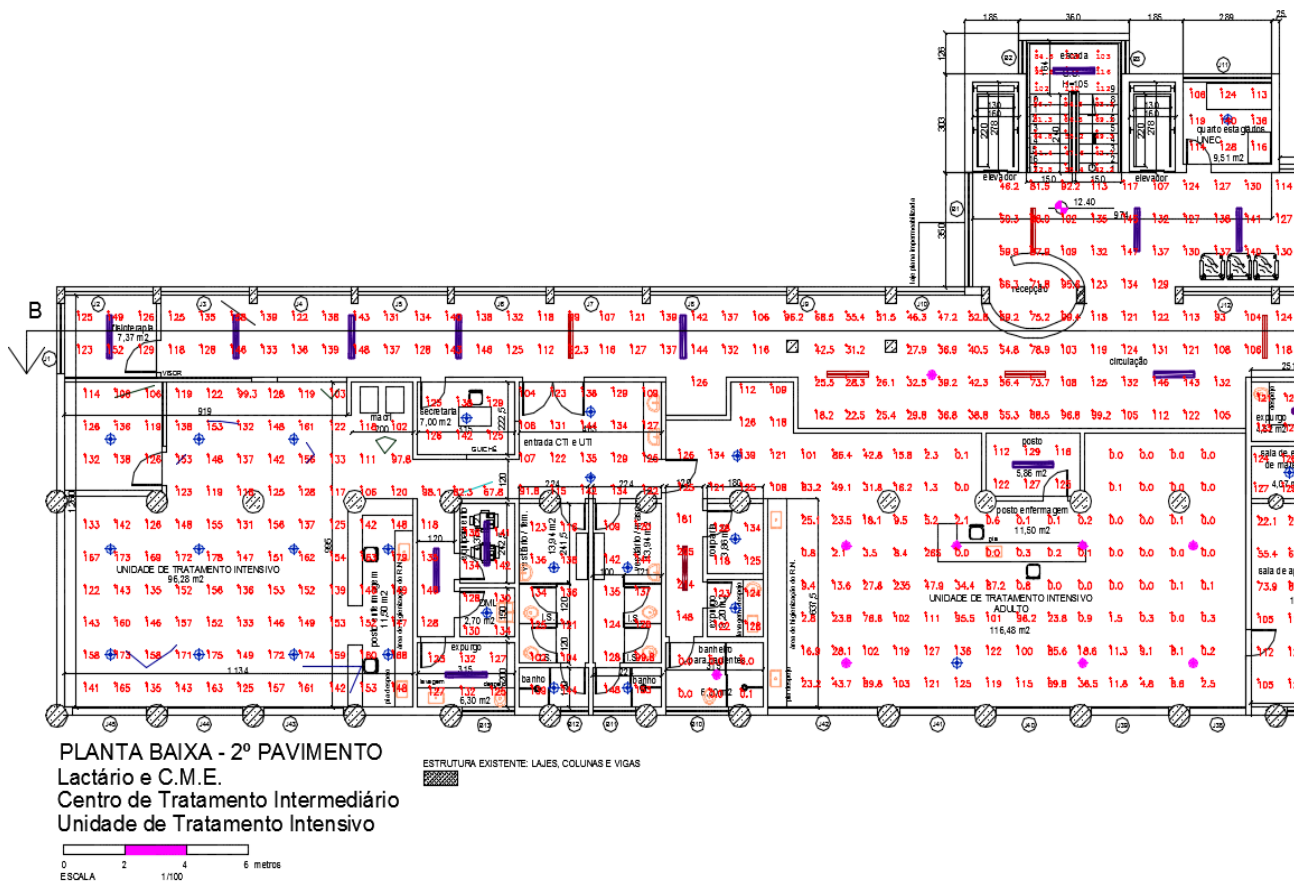
# PROJETO DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO – SEGUNDO PAVIMENTO



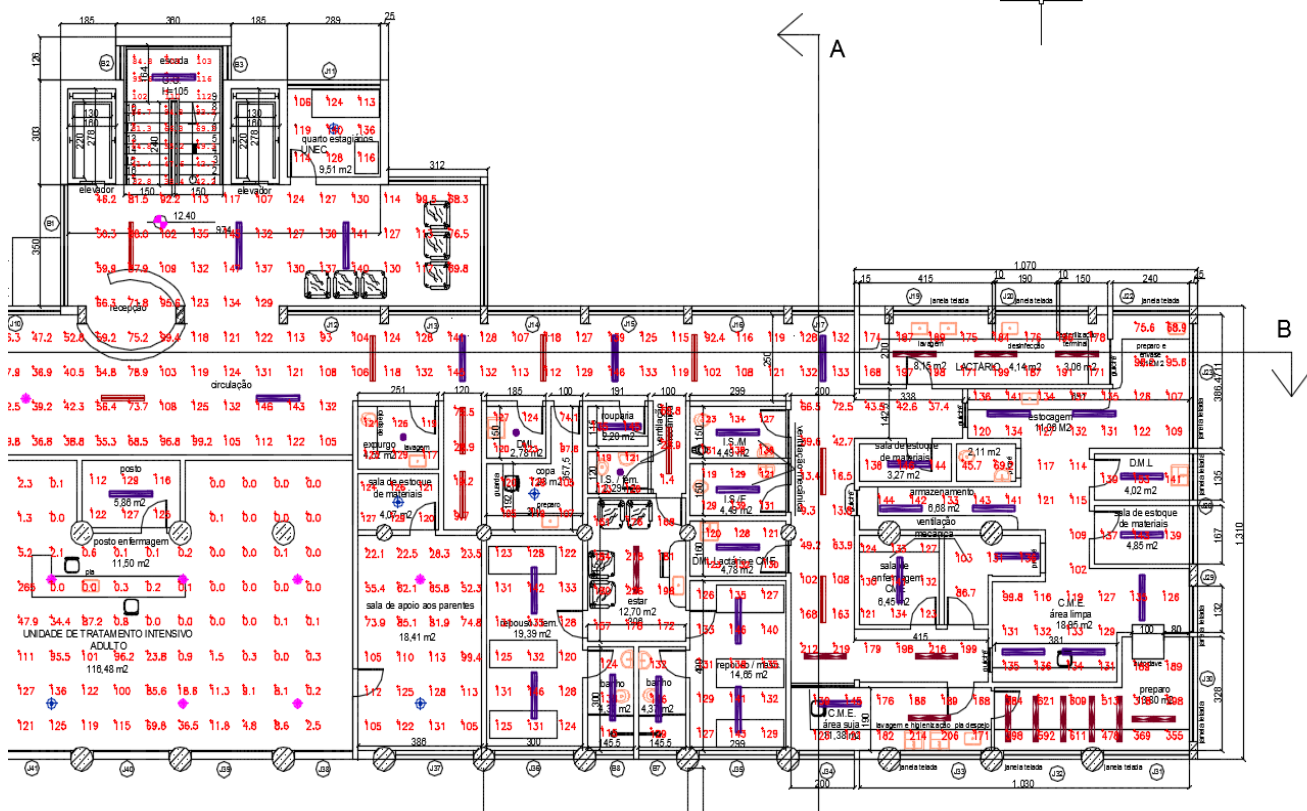


CLIENTE	
Hospital Nossa Senhora Auxiliadora - Unidade Materno Infantil "Grimaldo Barros de Paula" CNPJ: 193.144.420.000/1/30	
OBRA	
Aproveitamento de estrutura existente: Unidade Materno Infantil "Grimaldo Barros de Paula"	
LOCALIZAÇÃO	
Rua Deputado José Augusto Ferreira 89 - Centro, Caratinga - MG	
PROJETO	
Elaboração de planta conforme espaço existente para atender ao programa de estágio: Convênio Faculdades Doctum de Caratinga e Hospital Nossa Senhora Auxiliadora	
RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DA PLANTA CONFORME ESPAÇO EXISTENTE	
Rogério Francisco Werly Costa - estagiário e aluno de engenharia elétrica/Faculdades Doctum de Caratinga	
CONTEÚDO	
PLANTA BAIXA 2 PAVIMENTO / PROJETO LUMINOTÉCNICO PLANTA BAIXA 3 PAVIMENTO / PROJETO LUMINOTÉCNICO	
ESCALA: INDICADA	PRANCHA
AGOSTO/2018	02/02

### SEGUNDO PAVIMENTO







### CURVAS ISOLINES E LEGENDA (SEGUNDO PAVIMENTO)

Value (Lux)	Color	Value (Lux)	Color	Value (Lux)	Color
500	Black	200	Magenta	100	Dark Blue
400	Blue	175	Cyan	75	Bright Green
300	Red	150	Green	50	Red
250	Light Green	125	Orange	25	Dark Green

#### LEGENDA:

SIMB.	CÓD.	LÂMPADA	EQ. AUXILIAR	QTDE.	POT. Cj (W)	POT. Tt (W)
⊕	LS01	1 X FE 45W/6500K	-	27	45	1215
●	LS02	1 X FE 21W / 6500K	-	03	21	63
●	LS03	SEM LÂMPADA	-	10	-	-
—	LS04	1 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	36	38.4	1382.4
—	LS05	2 X FT8 32W / 850	ELTN DUPLO	15	70.4	1056
—	LS06	SEM LÂMPADA	-	12	-	-
⊗	LC01	24 X LED 5W / 6000K	-	00	132	00
					TOTAL	3716.4