



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ VIDAL JÚNIOR

**ANÁLISE DAS DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS PARA A CIDADE
DE PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS – RN
2018

JOSÉ VIDAL JÚNIOR

**ANÁLISE DAS DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS PARA A CIDADE
DE PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar – Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^o. Dr. Eduardo Raimundo Dias Nunes – UFERSA.

Coorientador: Prof^o. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa – UFERSA.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

V648a VIDAL, JOSÉ VIDAL JUNIOR.
ANÁLISE DAS DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS
CONSTRUTIVAS PARA CIDADE DE PAU DOS FERROS/RN /
JOSÉ VIDAL JUNIOR VIDAL. - 2018.
36 f. : il.

Orientador: Eduardo Raimundo Dias Nunes Dias.
Coorientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa
Cruz.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

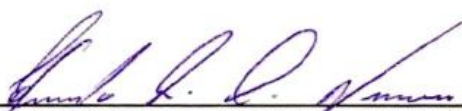
1. Conforto térmico. 2. Bem-estar. 3.
Construção Civil. I. Dias, Eduardo Raimundo Dias
Nunes, orient. II. Cruz, Cláwsio Rogério Cruz de
Sousa, co-orient. III. Título.

JOSÉ VIDAL JÚNIOR

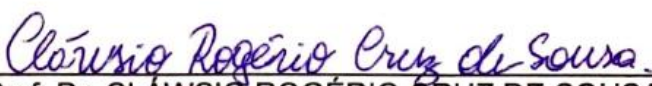
**ANÁLISE DAS DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS PARA A CIDADE
DE PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar –
Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheiro
Civil.

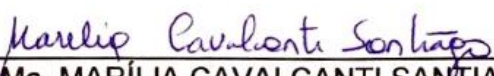
APROVADA EM: 19 / 04 / 2018



Prof. Dr. EDUARDO RAIMUNDO DIAS NUNES
UFERSA



Prof. Dr. CLÁUDIO ROGÉRIO CRUZ DE SOUSA
UFERSA



Profa. Ma. MARÍLIA CAVALCANTI SANTIAGO
UFERSA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Maria de Fátima Bezerra Vidal e José Vidal Sobrinho, incentivadores e pilares da minha vida.

*Importante não é ver o que ninguém
nunca viu, mas sim, pensar o que ninguém
nunca pensou sobre algo que todo mundo
vê.*

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

Agradeço essencialmente a Deus, meu fiel protetor.

A minha família, Maria de Fátima Bezerra Vidal, José Vidal Sobrinho, Ana Maria Bezerra Vidal, Tereza Raquel Bezerra Vidal, Giovanna Sophia Vidal Monteiro, Maria Eduarda Vidal Rapozo, Gabriel Vidal Rapozo e Maurício batista Rapozo, por uma vida inteira de cumplicidade e laços. Foram os primeiros que acreditaram em mim.

Ao meu leal amigo e irmão de vida Pedro Henrique, pelo amor e companheirismo. Por acreditar em mim e no meu projeto. Por me levantar todas as vezes que caí. Por sermos exatamente quem somos. Estendo o agradecimento a sua família que também é minha.

A UFRSA por me dar a oportunidade de concluir o ensino superior.

A todos os professores que tive, em especial as pessoas de Alessandro Lima, Flávio Timóteo, Shirlene Kelly, Marília Santiago, Alisson Gadelha, Cláudio Cruz, Rogério Santos e Sanderlir Dias, que se tornaram amigos.

Ao meu orientador, Dr. Eduardo Dias, pelos ensinamentos e paciência em todo o processo desse trabalho. Você é um exemplo de profissional e humano.

Ao meu coorientador e amigo, Dr. Cláudio Cruz, pela paciência e dedicação. Sempre presente na minha vida acadêmica. O maior parceiro de produções.

Aos todos os amigos que fiz na UFRSA, em especial aos queridos Ronny Kley, Cristhianne Medeiros, Juddson Diniz, Hian Freitas, Ruana Rafaela, Leonilson Queiroz, João Ataíde, Pablo Roberto, Felipe Carvalho, Giovanni Rego, Augusto Cavalcante, Raimundo Pereira, Deborah Assunção, Ana Taís, Carol carvalho, Adailana Felipe e Niarkus Xavier. Levo cada um de vocês como uma conquista pessoal em minha vida.

Aos amigos, Arthur Victor, André Vinicius, João Pedro, João Victor, Victor Rêgo, Luiz Fernando e Mabel Moraes, por serem as melhores companhias dos últimos tempos. Vocês são incríveis.

A Lucas Ciriaco pelo companheirismo na universidade e na vida. Pelos ensinamentos e por acreditar em mim e nesse projeto. Pelas palavras de apoio cotidianas.

Aos meus compadres Moisés Nunes e Joice Chaves por se tornarem família e por me presentear com o pequeno Théó.

Muito obrigado.

RESUMO

Alcançar um desempenho ambiental satisfatório abrange um adequado planejamento arquitetônico, por parte dos engenheiros, arquitetos, projetistas e demais profissionais da área da construção civil, no que diz respeito as diferentes condições climáticas. É sabido que o principal papel da edificação é garantir aos seus usuários amparo e conforto, e as diretrizes do conforto térmico estão associadas, diretamente, a satisfação do seu usuário, conferindo a este um ambiente termicamente confortável. O presente trabalho é o resultado de uma análise tecnológica e bibliográfica feita em duas residências unifamiliares, dispostas em bairros diferentes, mas com mesmas características construtivas na cidade de Pau dos Ferros-RN. A análise é feita com base na NBR 15220 que trata de desempenho térmico para habitações em seu Zoneamento Bioclimático. Para o estudo, a Zona em questão foi a 7 e, baseada nas suas disposições, foi operado o estudo. Depois de dados colhidos *in loco* e confrontado com as diretrizes da norma, foi percebido que ambos os imóveis se encontravam fora dos parâmetros para o seu zoneamento e, diante disso, propõe-se soluções construtivas para reparo destas.

Palavras-chave: Conforto térmico, Desempenho, Construção civil.

ABSTRACT

Achieving satisfactory environmental performance encompasses adequate architectural planning by engineers, architects, designers and other professionals in the construction industry, given the different climatic conditions. It is known that the main role of the building is to guarantee its users comfort and comfort, and the guidelines of thermal comfort are directly associated with the satisfaction of its user, giving it a thermally comfortable environment. The present work is the result of a technological and bibliographical analysis done in two single-family homes, arranged in different neighborhoods, but with the same constructive characteristics in the city of Pau dos Ferros-RN. The analysis is based on the NBR 15220 that deals with thermal performance for dwellings in its Bioclimatic Zoning. For the study, the Zone in question was 7 and, based on its provisions, the study was operated. After data collected locally and confronted with the guidelines of the standard, it was noticed that both properties were outside the parameters for their zoning, and, on the basis of this, constructive solutions are proposed to repair them.

Keywords: Thermal comfort, Performance, Construction.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7	23
Tabela 2: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7	23
Tabela 3: Tipo de vedações e seus respectivos valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar	27
Tabela 4 Comparação dos índices normatizados e os valores encontrados in loco	29
Tabela 5 Aberturas para ventilação	30
Tabela 6 Classificação de aberturas para ventilação do imóvel 01	31
Tabela 7: Classificação de aberturas para ventilação do imóvel 02	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equilíbrio no balanço térmico gera a sensação de conforto.....	18
Figura 2: Porcentagem de residências nas zonas urbanas e rural	19
Figura 3: Zoneamento bioclimático brasileiro	21
Figura 4: Zona Bioclimática 7	22
Figura 5: Disposição geral dos imóveis.....	25
Figura 6: Croqui em layout do imóvel 01	26
Figura 7: Croqui em layout do imóvel 02	26
Figura 8: Dados referentes a piso e cobertura dos imóveis estudados	28
Figura 9: Dados referente a parede e acabamento dos imóveis estudados.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
NBR	Norma Brasileira
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	CONTEXTUALIZANDO O TEMA	17
3.2	CONFORTO TÉRMICO	17
3.3	BIOCLIMATOLOGIA	19
3.3.1	ARQUITETURA E CLIMA	19
3.4	CONFORTO TÉRMICO E NORMAS REGULAMENTADORAS	20
3.4.1	NBR 15220	20
3.4.2	NBR 15575	21
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES UTILIZADAS NO ESTUDO.....	25
4.1.1	IMÓVEL 01.....	25
4.1.2	IMÓVEL 02.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1.1	ANÁLISE DAS PAREDES E COBERTURA.....	27
5.1.2	ANÁLISE DAS ABERTURAS	30
6	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

As estratégias construtivas que somem eficiência energética, conforto ao homem e economia são as maiores preocupações na área da construção civil. A correta utilização destes elementos pode garantir ao indivíduo conforto adequado para cada situação de moradia. Qualquer alternativa que some, ao respeito ambiental e economia ao homem, é uma prática aceita.

A principal função da edificação é garantir a seus usuários amparo e conforto. Essa harmonia no ambiente construído pode ser alcançada através do conforto ambiental. Baseando-se nisso, um dos fatores mais relevantes no que diz respeito a temática, merece ser evidenciada devido às condições climáticas da região nordeste, é a satisfação térmica. Esta, objetiva-se tornar o ambiente mais confortável e hábil possível.

Alcançar um desempenho ambiental satisfatório envolve um adequado planejamento arquitetônico, por parte dos engenheiros, arquitetos, projetistas e demais profissionais da área de edificações, perante as diferentes condições climáticas que influenciarão nas condições térmicas, como a temperatura, o vento e a umidade.

As diretrizes do conforto térmico estão associadas, diretamente, a satisfação do seu usuário, conferindo a ele um ambiente termicamente confortável. Contudo, se o lugar não possibilitar esse subsídio, o utente passará a buscar formas de obtenção desse conforto, conseqüentemente como a utilização de intervenções tecnológicas, como uso de condicionadores e humidificadores de ar e temperatura, por exemplo, elevando então o consumo de energia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as diretrizes e estratégias construtivas em duas residências unifamiliares em bairros distintos e confrontantes urbanisticamente entre si na cidade de Pau dos Ferros - RN e suas conformidades construtivas baseadas na NBR 15220 para a Zona Bioclimática 7.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as conformidades nos aspectos dos parâmetros da NBR 15220, para a Zona Bioclimática 7, referentes à condutividade térmica dos materiais e comparar dados coletados nas residências unifamiliares com a respectiva norma no que diz respeito a transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.

Em caso de não conformidades, propor os sistemas construtivos ideais para as paredes e coberturas da edificação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONTEXTUALIZANDO O TEMA

Gomes (2010), em seu artigo titulado “Pré-História” cita a vestimenta como a primeira invenção do homem ligada à necessidade de proteção contra as agressões externas e do frio. É uma das mais elementares atitudes que o homem, ainda na era Paleolítica (aproximadamente 10000 a.C.), desenvolve-se visando o conforto. Tempos depois, na era Neolítica (entre 10000 e 4000 a.C.), o homem deixou de ser nômade e desenvolveu a agricultura. Com o cultivo, fez habitação fixa e surgiu o primeiro conceito de moradia, as cavernas.

Rebello e Leite (2007), mostram que as cavernas naturais são a mais rudimentares expressões do que significa a arquitetura naquela época. "Arquitetura por subtração" é a expressão utilizada para explicar a origem das primeiras moradias humanas, feitas pela apropriação das cavernas naturais e, mais tarde, pela escavação de formações rochosas, do próprio solo ou mesmo do lenho de grandes árvores, como os imponentes baobás africanos.

Nos primórdios da vida, a dinâmica da sobrevivência foi fortemente marcada pelo nomadismo e, na ausência de cavernas naturais para se abrigar, o homem primitivo encontrou outras alternativas também inspiradas na natureza ao seu redor. Vestígios de cabanas e tendas datados de 40 mil anos a.C. contam sobre a utilização de troncos, galhos e ossos de animais como componentes estruturais e folhas, palha, terra e peles de animais para o revestimento da cobertura. É interessante de se verificar a repetição de algumas tipologias construtivas ancestrais em pontos distantes e distintos do planeta, revelando uma instigadora convergência de hábitos culturais, mesmo sem vínculos aparentes (REBELLO; LEITE, 2007).

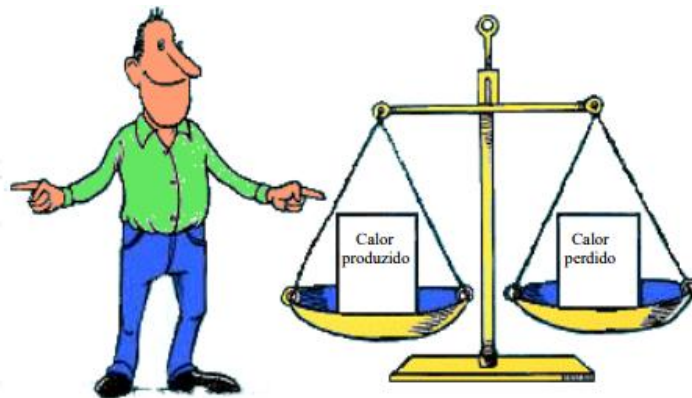
3.2 CONFORTO TÉRMICO

As aplicações e estudos vêm buscando pelo bem-estar fisiológico e psicológico humano, desde épocas remotas, porém apenas nas últimas décadas os estudos dos efeitos do conforto ambiental sobre as pessoas em ambientes internos vêm se intensificando (LAMBERTS; XAVIER, 2003).

Os fatores físicos e químicos determinam as taxas de trocas de calor do corpo com o meio; No que diz respeito aos fatores fisiológicos, referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica; Já os fatores psicológicos, que são aqueles que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo (LAMBERTS; XAVIER, 2011).

Várias são as definições conhecidas para o conforto térmico. Das mais conhecidas temos a da ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, que o define como uma condição psicológica que expressa a satisfação do indivíduo em relação ao ambiente térmico que o rodeia. A insatisfação pode ser gerada pela sensação de desconforto (calor ou frio) quando o balanço térmico não é estável (quando existe uma diferença entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente), como ilustra a Figura 1:

Figura 1 Equilíbrio no balanço térmico gera a sensação de conforto

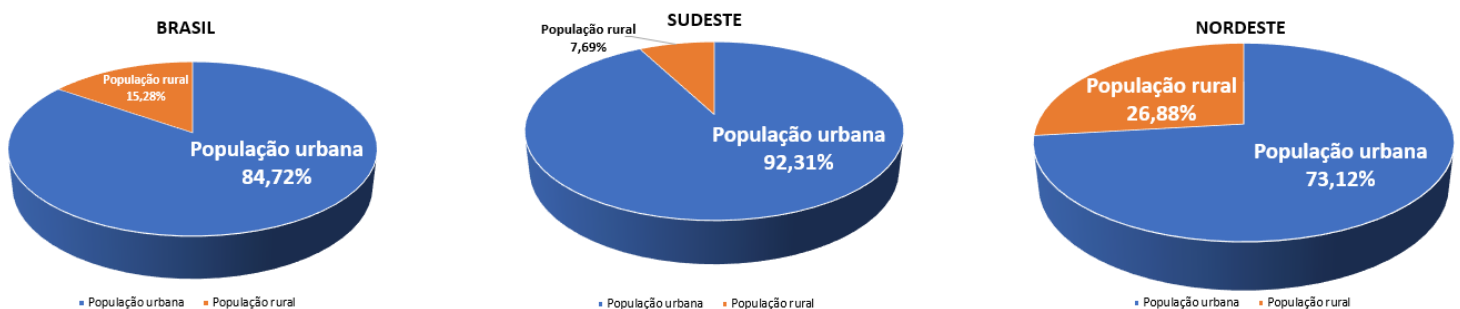


Fonte: LabEEE (2016)

O termo conforto térmico define a sensação que o organismo humano experimenta quando “perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo regulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade (FROTA E SCHIFFER, 2001). Conforto e equilíbrio térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem estar térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico. Isso significa que, quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 1999).

Os estudos do PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) de 2015, mostrou, que a maior parte da população brasileira, num percentual de 84,72%, vive em áreas urbanas, contra 15,28% de pessoas residindo em áreas rurais. A Região Nordeste apresentou o maior percentual de habitantes vivendo em áreas rurais, com 26,88%, pode-se ser percebido no gráfico ilustrado pela Figura 2, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2015). Nessa perspectiva, os estudos referentes ao conforto térmico tendem a fixar, na sua maioria, em áreas urbanas.

Figura 2: Porcentagem de residências nas zonas urbanas e rural



Fonte: Autor (2018)

3.3 BIOCLIMATOLOGIA

É estudo das relações entre o clima e o ser humano, que tem como objetivo aproveitar as condições climáticas de cada região para criar uma arquitetura com desempenho térmico eficiente. Olgyay liga esse conceito ao termo Projeto Bioclimático, que visa a adequação da arquitetura ao clima local (OLGYAY apud LAMBERTS; XAVIER, 2003).

A Arquitetura Bioclimática transcende os estudos da bioclimatologia, uma vez que supera o conceito de estudo do clima com relação às necessidades dos seres vivos. Nessa perspectiva, é o edifício que determina o conforto do ser humano quando estabelece uma relação com o clima de forma a proporcionar as melhores condições internas para a satisfação ao usuário, tanto nos aspectos térmicos, quanto visuais, acústicos, emocionais e culturais (FERNANDES, 2006).

3.3.1 ARQUITETURA E CLIMA

A arquitetura tem a finalidade de adequar ao homem conforto e a melhor condição de vida. Outra de suas funções é oferecer condições térmicas compatíveis ao

conforto termal humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (FROTA & SCHIFFER, 2001). Para algumas situações, um único sistema construtivo quando empregado em condições climáticas distintas, exibirá desempenho térmico distinto, uma vez que não foi respeitada as condições climáticas locais, podendo trazer danos como patologias construtivas, consumo elevado de energia elétrica, e possíveis danos à saúde física e bem-estar dos moradores (SPANNENBERG, 2006).

A produtividade, a conservação de energia, os padrões de conforto relativos ao clima e a satisfação podem ser acatados como fatores que justificam a importância do conforto térmico no lugar. Sendo assim, a necessidade do bem-estar tem sido o fator que tem ocasionado, nas últimas décadas, uma realização de diversos estudos voltados aos materiais, sobre a ergonomia e a otimização do trabalho no espaço além da economia energética (XAVIER, 2000).

Temos, como alternativa viável e ecologicamente correta para obtenção de condições ideais de temperatura, a arborização próxima de edificações. Contudo, alguns fatores devem ser acatados para que a vegetação seja um amenizador térmico, como o seu porte, que deve ser regular a área que deseja arborizar. As árvores moldam inúmeros benefícios ao homem nas áreas urbanas, como estética, sombras, direcionam o vento, reduzem impacto da água de chuva, refrescam o ambiente pela grande quantidade de água transpirada pelas folhas e diminuem a temperatura (SPANNENBERG, 2006)

Agora, cada vez mais se projeta com o foco voltado para o desempenho, visto que além do conforto térmico que deve ser levado em consideração, nota-se crescentes preocupações a respeito da durabilidade e da sustentabilidade (OLIVEIRA E MITIDIERI FILHO, 2012).

3.4 CONFORTO TÉRMICO E NORMAS REGULAMENTADORAS

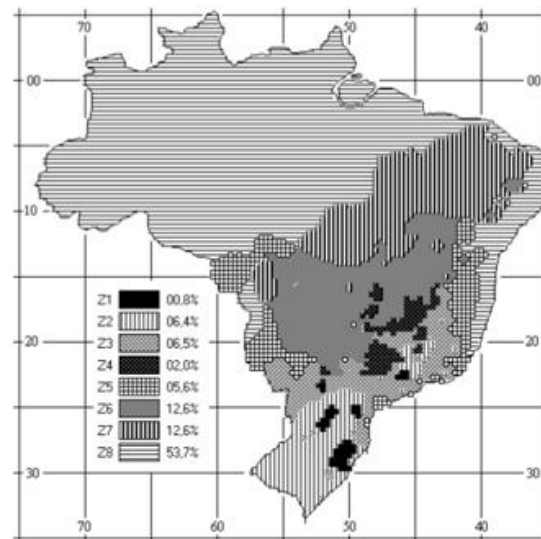
3.4.1 NBR 15220

A NBR 15220 (ABNT, 2005), intitulada de “Desempenho térmico de edificações” propõe o zoneamento bioclimático brasileiro em conjunto com recomendações, diretrizes e estratégias construtivas, para que habitações unifamiliares

de até três pavimentos tenham uma melhor adequação climática conforme a região onde se encontram.

O zoneamento bioclimático brasileiro é composto por oito diferentes zonas, ilustradas na Figura 3:

Figura 3: Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

Para a NBR 15220 (ABNT, 2005), O zoneamento bioclimático pode ser compreendido como sendo o efeito do cruzamento de dados climáticos, estratégias construtivas e de condicionamento térmico passivo. A partir disto, sendo possível obter melhores estudos, sobre dada região com relação as suas condições climáticas e suas estratégias construtivas. Com objetivo de subsidiar e estabelecer os critérios para otimizar e proporcionar maior conforto térmico nas edificações, através de uma adequação climática.

3.4.2 NBR 15575

A NBR 15575 (ABNT, 2013), reformulada em 19 de julho de 2013, a partir da versão de 2008, estabeleceu exigências com relação ao desempenho estrutural, térmico, acústico e lumínico. No que diz respeito a sua aplicação, temos:

Todas as disposições contidas nesta Norma são aplicáveis aos sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam às instruções específicas do respectivo manual de operação, uso e manutenção. (ABNT, 2007, p. 9).

A ABNT (NBR 15575:2013) propõe três procedimentos de avaliação do desempenho térmico para o edifício. Uma vez, que estes não sejam atendidos quando verificados pelo procedimento simplificado, permitindo realizar a avaliação com os outros métodos.

Com base na norma, os três procedimentos são:

- Procedimento simplificado: Diz respeito a verificação do cumprimento dos requisitos estabelecidos para fachadas, sistema de coberturas e sistemas de vedação;
- Procedimento de simulação: Referente ao atendimento dos requisitos e critérios estabelecidos por meio de simulação computacional do desempenho térmico da edificação;
- Procedimento de medição: Afere o desempenho térmico da edificação por meio da realização de medições na própria edificação ou em protótipos construídos.

4 METODOLOGIA

A metodologia empregada nesse trabalho é de caráter qualitativo, subsidiada pela pesquisa bibliográfica e jornada de campo, mediante observações feitas em duas residências unifamiliares na cidade de Pau dos Ferros-RN.

Para o zoneamento bioclimático brasileiro, apontado pela NBR 15220 a cidade de Pau dos Ferros-RN está situada na zona bioclimática 7, como ilustra na Figura 4. Para as regiões implantadas nessa zona, a norma exhibe algumas recomendações para aberturas (ventilação) e seu sombreamento. A norma também exhibe tipos adequados de vedação externa, como apontado nas Tabelas 1 e 2 a seguir

Figura 4: Zona Bioclimática 7



Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

Tabela 1 Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

Tabela 2: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7

Vedações externas	
Parede	Pesada
Cobertura	Pesada

Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

A Norma ainda evidencia estimas de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para tipos de paredes e coberturas. Esses índices, possuem grande influência no desempenho térmico das edificações, são definidos como:

- U - transmitância térmica: é o fluxo de calor que atravessa a parede ou vidro da edificação, medida em $W/(m^2.K)$. A transmitância térmica é dada por:

$$FS_o = 4 * U * \alpha$$

Onde,

- FSo = fator de calor solar
- U = transmitância térmica;
- α = absorptância térmica, que é a razão entre o fluxo da radiação absorvida por uma superfície e o fluxo incidente sobre a mesma;
- C_T - capacidade térmica: é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, sendo sua unidade de medida J/K. A capacidade térmica é dada por:

$$C_T = \sum e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{telha cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{gesso}}$$

Onde,

- $e_{\text{telha cerâmica}}$
- $c_{\text{telha cerâmica}}$
- $\rho_{\text{telha cerâmica}}$
- φ - atraso térmico: é o “tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor”, medido em horas (NBR 15220, 2005). O atraso térmico é dado por:

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 \cdot B_2}$$

Onde,

- φ = atraso térmico;
- R_t = resistência térmica de superfície a superfície do componente;
- $B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$;
- $B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot \rho \cdot c_{\text{telha cerâmica}}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{\text{telha cerâmica}} - \frac{R_t - R_{\text{telha cerâmica}}}{10} \right)$;
- $B_0 = C_T - C_{\text{Text}}$.

Duas residências unifamiliares, localizadas em bairros distintos e urbanisticamente diferentes, foram selecionados para serem estudados nesse trabalho. Depois de escolhidos, foram necessárias visitas para colher dados necessários para o

estudo. Em campo, os dados colhidos foram respectivamente: abertura de portas e janelas, material e estrutura de paredes e telhado, tipo do forro, área do piso onde haviam aberturas, tipo e dimensionamento das coberturas de esquadrias, além de registros fotográficos.

A apreciação dos imóveis por visitas *in loco* tem a finalidade de analisar as moradias de acordo com a ABNT NBR 15220 e a partir das avaliações concluir se estão com conformidade adequada ou propor melhorias técnicas para o bem-estar dos moradores.

4.1 RESIDENCIAS UNIFAMILIARES UTILIZADAS NO ESTUDO

Para adotar um padrão no estudo, ambos os imóveis escolhidos pertenciam a pessoas de classes sociais análogas, com mesmas características construtivas e número de cômodos semelhantes, mas despostas em bairros distintos da cidade, conforme ilustra a Figura 5

Figura 5: Disposição geral dos imóveis

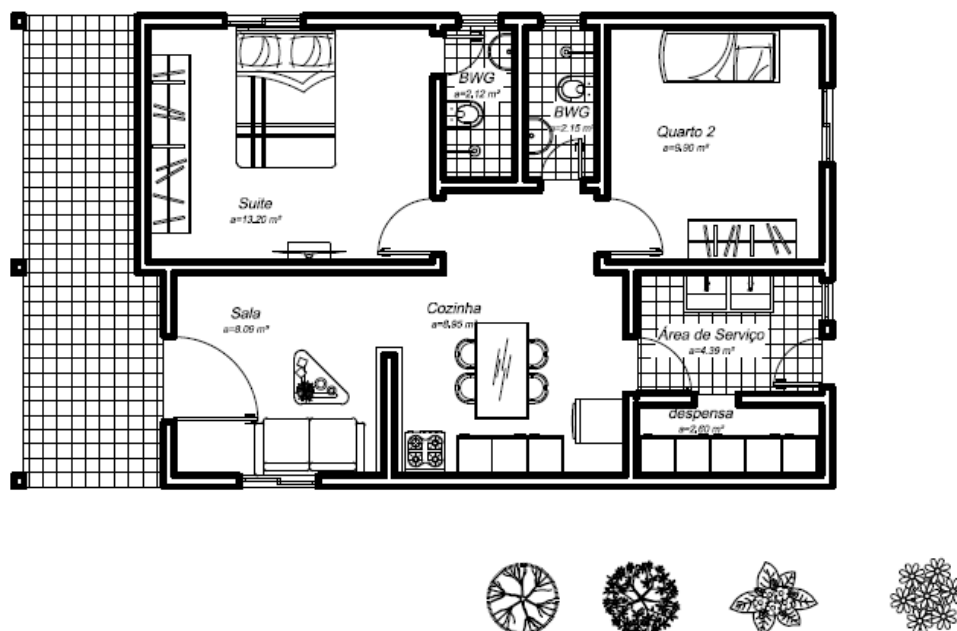


Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

4.1.1 IMÓVEL 01

A residência em questão está localizada na rua Maria Diva Nogueira, número 29, no bairro Carvão. A Figura 6 ilustra a disposição geral do imóvel 01.

Figura 6: Croqui em layout do imóvel 01

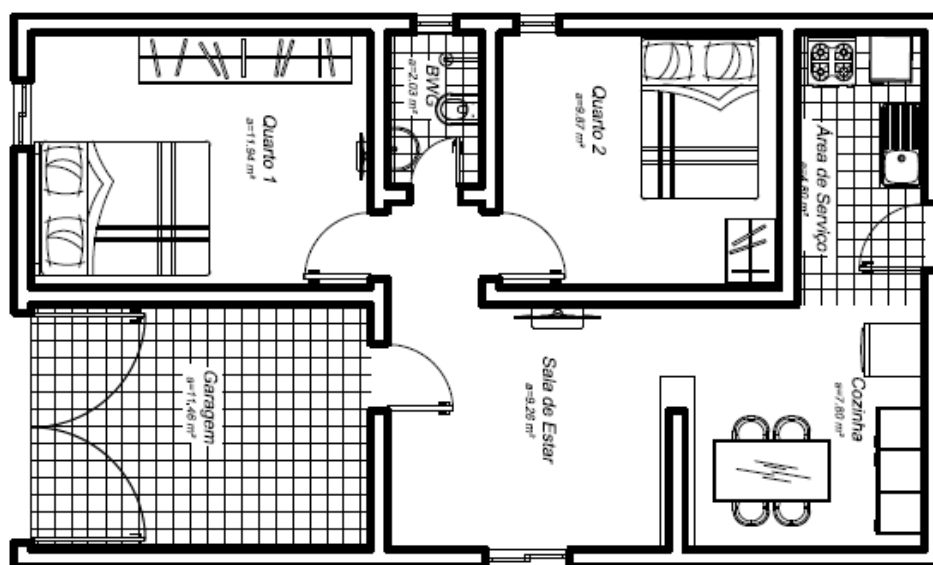


Fonte: Autor (2018)

4.1.2 IMÓVEL 02

A residência em questão está localizada na rua José Elpídio do Rêgo, número 194, no bairro Domingo Gameleira. A Figura 7 ilustra a disposição geral do imóvel 02.

Figura 7: Croqui em layout do imóvel 02



Fonte: Autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos os resultados dos dados obtidos a partir das visitas in loco nas residências unifamiliares estudadas nesse trabalho, de acordo com as exigências da ABNT NBR 15220.

5.1.1 ANÁLISE DAS PAREDES E COBERTURA

A NBR 15220 evidencia que paredes externas sejam pesadas e cobertura pesada para essa mesma zona, conforme evidencia a Tabela 3. A Tabela 4 especifica valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para que essas vedações externas, paredes e cobertura, se condigam nas exigências da norma.

Tabela 3 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

Tabela 4: Tipo de vedações e seus respectivos valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar

Vedações externas	Transmitância térmica U ($W/m^2.k$)	Atraso térmico ϕ (horas)	Fator de calor solar FSO (%)
-------------------	--	----------------------------------	---------------------------------

Parede Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FSo \leq 3,5$
Cobertura Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FSo \leq 6,5$

Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

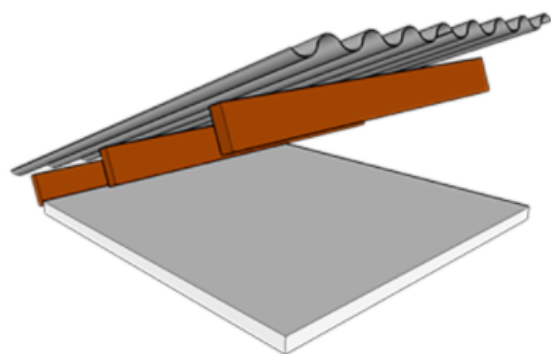
O imóvel 01, localizado no bairro carvão, tem 6 anos de construção e, em sua elaboração, houve amparo técnico de um engenheiro civil. A residência apresenta um fechamento vertical, feitos com blocos cerâmicos de 6 furos, nas dimensões 14 x19 x 29 cm, assentados na menor dimensão, foi revestido externamente com argamassa 2,5 cm, com espaços amplos e medianamente arejados e cobertura de telhas de fibrocimento 0,8 cm e forro de gesso 3cm.

Já o imóvel 02, localizado no bairro Domino Gameleira, teve aproximadamente 20 anos de construção e em sua elaboração não houve nenhum amparo técnico ou projeto. A residência apresenta um fechamento vertical também feito com blocos cerâmicos de 6 furos, nas dimensões 14 x 19x 29 cm, assentado na mesma dimensão do imóvel 01 revestido externamente com argamassa 2,5 cm, com espaços pequenos e pouco arejados com cobertura de telhas de fibrocimento 0,8 cm e forro de gesso 3 cm.

Na categorização dos materiais para comparação dos parâmetros indicados para sua referente Zona Bioclimática, foram confrontados os dados de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar dos materiais utilizados para paredes e cobertura das edificações.

Nas visitas feitas as residências unifamiliares estudadas, foram coletados informações como abertura de portas e janelas e área do piso do cômodo em que elas estão inseridas, tipo e espessura de telhado, área da câmara de ar e componentes constituintes das paredes, como tipo de tijolo e espessura de acabamento. Todos esses informes são imprescindíveis para obtenção dos dados de resistência, transmitância e atraso térmico, bem como da capacidade térmica da edificação. Hoje, existem estudos que já nos mostram dados reais e tabelados para cada tipo de material usado nas paredes, bem como nos telhados, sendo desnecessárias as operações matemáticas informadas na norma, conforme ilustram as Figuras 8 e 9 a seguir

Figura 8: Dados referentes a piso e cobertura dos imóveis estudados



Pisos e Coberturas

Forro Reboco gesso 3 cm | Câmara de ar (> 5.0 cm) | Telha fibrocimento 0.8 cm

Resistência

0.303

Transmitância

1.95

Atraso Térmico

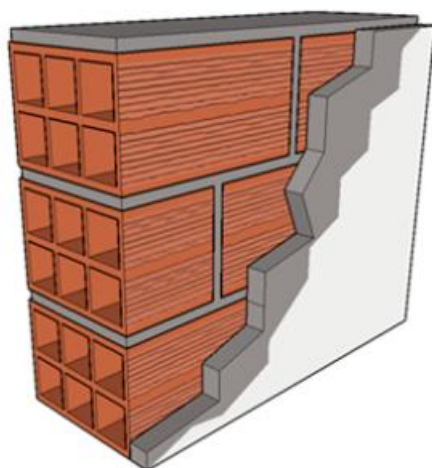
1.5

Capacidade Térmica

32

Fonte: Projeteer (2018)

Figura 9: Dados referente a parede e acabamento dos imóveis estudados



Paredes

Bloco cerâmico 14x19x29 cm | Argamassa Externa 2.5 cm

Resistência

0.340

Transmitância

2.02

Atraso Térmico

2.9

Capacidade Térmica

106

Fonte: Projeteer (2018)

A Tabela 5 a seguir reúne os valores dos índices indicados na norma e com os encontrados nos imóveis estudados

Tabela 5: Comparação dos índices normatizados e os valores encontrados *in loco*

	NORMA	IMÓVEL 1	IMÓVEL 2
Transmitância Térmica [W/(m ² .K)]	2,24	2,02	2,02
Capacidade Térmica [kJ/(m ² .K)]	167	106	106
Atraso Térmico [horas]	3,7	2,9	2,9

Fonte: Autor (2018)

Ponderando os valores da tabela 6 e as informações adquiridas através das Figuras 8 e 9, notamos que alguns parâmetros não foram atendidos, logo, as paredes e

as coberturas de ambos os imóveis não podem ser classificadas como pesadas, conforme indicado para imóveis localizadas na Zona Bioclimática 7.

Como alternativa construtiva para melhoria em ambos os imóveis, pode-se sugerir a substituição do bloco cerâmico de 6 furos por tijolos de 8 furos circulares com espessura de 10x 20 x 20 cm, assentados duplamente em seu comprimento total, aumentaria sua espessura total de 16,5 cm para 46 cm, obtendo uma transmitância térmica $U = 0,98$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 10,8$ horas e fator de calor solar $FS_o = 0,78$ %, todos os índices dentro das conformidades para a Zona Bioclimática 7 (PROJETEEE, 2018).

No que diz respeito as coberturas de ambos os imóveis, checando os dados da tabela 3 e das Figuras 8 e 9, estas não se encontram compatíveis com as informações indicadas na norma. Uma possível solução para adequação das coberturas seria a troca do forro de gesso por uma laje de concreto de 20cm, assim, com essa nova combinação, alcançaria uma transmitância térmica $U = 1,99$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 7,9$ horas e fator de calor solar $FS_o = 1,59$ %. (PROJETEEE, 2018)

5.1.2 ANÁLISE DAS ABERTURAS

De acordo com a NBR 15220, o emprego ideal nas edificações é de aberturas para ventilação pequenas e com sombreamento nestas, conforme dados da tabela 3. A tabela correlacionou dados com a porcentagem da área das aberturas e a porcentagem do piso do cômodo da habitação.

Tabela 6 Aberturas para ventilação

Abertura para ventilação	A (em% da área do piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

A Tabela 7 apresenta os dados das aberturas da sala de estar e dormitórios do imóvel 01, e a Tabela 8 do imóvel 02. O estudo foi empregado nos cômodos onde o fluxo de estadia no dia é mais frequente.

Tabela 7 Classificação de aberturas para ventilação do imóvel 01

Cômodo	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	8,09	Abertura média
Quarto 1	13,20	Abertura média
Quarto 2	9,90	Abertura média

Fonte: Autor (2018)

Tabela 8: Classificação de aberturas para ventilação do imóvel 02

Cômodo	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	9,26	Abertura média
Quarto 1	11,94	Abertura média
Quarto 2	9,87	Abertura média

Fonte: Autor (2018)

É notório que a maioria dos casos apresentam desconformidades com as especificações da NBR 15220 , na maioria dos casos, as aberturas encontradas foram médias, quando a classificação indicada para a zona bioclimática em que os imóveis estão inseridos é de aberturas pequenas.

Logo, a melhor alternativa encontrada, é a substituição das aberturas médias por aberturas pequenas e o sombreamento destas, que não foi feito em nenhum dos imóveis analisados.

6 CONCLUSÃO

É preciso enfatizar, a princípio, que somente uma das suas residências unifamiliares foi projetada e pensada por um profissional de engenharia civil. Contudo, ambas apresentam os mesmos erros de projeto e de escolha de materiais ou técnicas construtivas adequadas, como posição e disposição de tijolos, escolha adequada de cobertura, tipo de telhado ideal para a edificação e etc. Um bom uso dessas técnicas traz, além de outras melhorias, economia e bem-estar ao usuário.

Para nenhum dos imóveis estudados nesse trabalho, a partir dos seus tipos de cobertura, vedações e tipo de tijolos para alvenaria utilizados, os índices de desempenho de conforto térmico foram atendidos.

Como indicado na norma NBR 15220, os imóveis deveriam apresentar paredes pesadas, uma vez que estas transmitem menos calor de um ambiente ao outro, técnica imprescindível para obtenção de conforto térmico na a região que estão inseridos os imóveis estudados. Outra estratégia não atendida foi o uso de telhado com laje como forma de manter a alteração de temperatura na câmara entre o telhado e o forro, impedindo assim a transmissão calor para dentro da edificação.

No que diz respeito as aberturas para ventilação, nenhuma das aberturas condizia com a melhor alternativa cabível de acordo com a norma para a cidade de Pau dos Ferros-RN. Como consequência disso, surge uma menor troca de calor com a área externa durante o verão (elevadas temperaturas da região) e ainda para sustentar o calor interno das edificações durante o inverno. Em 100% dos casos as aberturas eram erroneamente médias.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE 55 Handbook - Fundamentals. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações** - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

DUARTE, Vanessa C. P.. **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Ctc - Departamento de Engenharia Civil- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (**LabEEE**), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FERNANDES, Júlia Teixeira. Código de Obras e Edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. 249p. Brasília, 2009.

FROTA & SCHIFFER, Anésia Barros. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo / Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Schiffer. 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FROTA & SCHIFFER, Anésia Barros. **Manual do Conforto Térmico**. 4. ed. - São Paulo: Studio Nobel, 2000.

GOMES, Cristiana. **Pré-História**. Info Escola, Brasil, v. 4, n. 23, p.1-3, maio 2010.
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas**. 2015. Disponível em: <<https://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rural-e-urbana.html>>.
Acessado em: 26 de janeiro de 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis – SC, 2011. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf>. Acesso em 25 de janeiro 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico em ambientes internos**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2003. (Material didático para disciplina conforto térmico). Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%205161%20Aula%202%20-%20Conforto%20termico.pdf>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MARTINS, Maria Uly Eduardo. **Análise da envoltória da edificação: estudo de caso de um condomínio residencial vertical no município de Mossoró/RN**. 2015. 53 f. TCC - Curso de Ciência e Tecnologia, UFERSA, Pau dos Ferros, 2015.

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O Projeto de Edifícios Habitacionais Considerando a Norma Brasileira de Desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.

REBELLO, Por Yopanan; LEITE, Maria Amélia D'azevedo. **AS PRIMEIRAS MORADIAS**. Pini: AU, São Paulo, v. 12, n. 161, p.1-4, ago. 2007

RUAS, Álvaro Cesar. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. Campinas, SP. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Fevereiro, 1999.

SPANNENBERG, Mariane Gampert. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudos de caso em Marau-RS**. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Predição de Conforto Térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – Teoria Física aliada a estudos de Campo**. 2000. Tese de doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.

