Universidade Federal do Rio de Janeiro

ANALISE BIOCLIMÁTICA DE UMA TIPOLOGIA DE HABITAÇÃO VERNÁCULA GUARANI

Marcelo Adolfo Jiménez



Universidade Federal do Rio de Janeiro Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura



ANALISE BIOCLIMÁTICA DE UMA TIPOLOGIA DE HABITAÇÃO VERNÁCULA GUARANI

Marcelo Adolfo Jiménez

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Linha de Pesquisa Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Rio de Janeiro Março de 2015

ANALISE BIOCLIMÁTICA DE UMA TIPOLOGIA DE HABITAÇÃO VERNÁCULA GUARANI

Marcelo Adolfo Jiménez

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Linha de pesquisa Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:		
	Presidente, Prof. Leopoldo Euri	co Gonçalves Bastos, D.Sc.
		_
Prof ^a . Cláudia M	ariz de Lyra Barroso-Krause, D.Sc.	
Prof ^a . Maria Lyg	ia Niemeyer, D.Sc.	-
Prof ^a . Leticia Za	mbrano, D.Sc.	

Jiménez, Marcelo Adolfo.

Analise bioclimática de uma tipologia de habitação vernácula guarani/ Marcelo Adolfo Jiménez. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2015.

xviii, 145f.: il.; 31cm.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pósgraduação em Arquitetura, 2015.

Referências Bibliográficas: f. 114 – 119.

1. Conforto Bioclimático. 2. Arquitetura Vernácula. 3. Habitação Popular. 4. Eficiência Energética. 5. Sustentabilidade. 6. Culata Yovai. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Leopoldo Bastos pelo constante apoio e paciência desde a preparação para o processo de admissão na distância até a finalização da dissertação, por acreditar no meu potencial, pela excelente orientação.

À professora Lygia Niemeyer pela generosidade e incentivo constante, e pela contribuição como membro da banca examinadora

À professora Cláudia Krause pela paciência e ensinos no estágio supervisionado e contribuição como membro da banca examinadora.

À professora Leticia Zambrano por ter aceito o convite para compor a banca.

Aos colegas, Marina, Marilia e Marcos, pela preciosa ajuda na utilização dos programas de simulação, e pela troca de conhecimento que enriqueceram este trabalho.

Ao equipe, professores e membros administrativos do PROARQ, em especial a Maria da Guia, Rita e Vanda, pelas constantes e prontas ajudas em todo momento e com muito profissionalismo.

Aos colegas de mestrado pelas discussões e trabalhos em grupo, a Geyser e Larissa pela amizade.

À FAPERJ, pelo apoio financeiro concedido para a finalização desta pesquisa através da Bolsa Nota 10. À CAPES pelo apoio através da bolsa de estudos.

Ao Professor Silvio Rios, pela ajuda e troca de conhecimentos desde Paraguai.

Ao Andrés, pela presença e apoio constante, pelas ajudas e discussões sobre o tema.

À Carmen e Hugo, pela colaboração e apoio logístico nesta pesquisa.

À Myrna, Daniel e Vanderson pelas sugestões para a apresentação do trabalho.

A minha família, em especial aos meus pais Julian e Carmen pelo contínuo incentivo nos estudos.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro e ao Brasil.

RESUMO

ANALISE BIOCLIMÁTICA DE UMA TIPOLOGIA DE HABITAÇÃO VERNÁCULA GUARANI

Marcelo Adolfo Jiménez

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a tipologia de habitação rural vernácula conhecida como *Culata Yovai* presente no Paraguai e na região guarani da América do Sul entre as bacias dos rios Paraguai e Paraná, Objetiva-se estudar o comportamento desta tipologia com relação às questões colocadas pelo entorno climático e cultural na procura de conforto ambiental. Além disso, procura-se examinar como esta tipologia vem sendo apropriada em releituras contemporâneas para a habitação de interesse social da região, através da realização de uma análise comparativa dos resultados de um estudo bioclimático com alguns projetos arquitetônicos da região. Assim, poderão ser identificados aspectos passíveis de melhoria para alcançar o conforto ambiental no amplo sentido da palavra, de modo a conciliar desta forma os valores bioclimáticos sem afetar o valor simbólico-cultural da forma.

Palavras-chave: Conforto bioclimático, arquitetura vernácula, habitação popular, eficiência energética, sustentabilidade, Culata Yovai.

ABSTRACT

BIOCLIMATIC ANALYSIS FOR A GUARANI VERNACULAR HOUSING TYPOLOGY

Marcelo Adolfo Jiménez

Supervisor: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Abstract of a Master Degree thesis submitted to the Architecture Postgraduate Program, College of Architecture and Urbanism, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, as a partial fulfillment of the requirements to obtain the degree of Master in Architecture Science.

The aim of this work is to analyze under a bioclimatic approach a vernacular house typology encountered in Paraguay and inside the Guarani region comprised between Paraguay and Paraná basin rivers, known as *Culata Yovai*. It is tried to verify how this typology is responsive to the environmental-climatic conditions, and enlighten improvements, if is adequate in terms of materials, constructive processes, to propitiate comfort, environmental quality and functional adequacy. As this region is near the Brazilian frontier, the standards NB 15220 and 6401 are used. The intent is to contribute about a possible conciliation for architectonic projects of a bioclimatic approach with the social-cultural values of the form.

Keywords: Environmental comfort, vernacular architecture, low-income houses, energy efficiency, sustainability, Culata Yovai.

SUMARIO

RESU	MO	vi
ABST	RACT	vii
LISTA	DE FIGURAS	xii
LISTA	DE TABELAS	xvii
GLOS	SÁRIO DE TÉRMINOS	xviii
INTRO	DDUÇÃO	1
Prob	olemática	1
Justi	ificativa	2
Obje	etivos da pesquisa	3
Resu	umo metodológico	3
Estr	utura da dissertação	4
PART EMBA	E I ASAMENTO TEÓRICO	6
CAPÍT	TULO 01: ANTECEDENTES	7
1.1	Arquitetura vernácula	7
1.2	A arquitetura vernácula nas experiências de habitação de interesse social	9
1.3	Arquitetura vernácula e o bioclimatismo	10
1.4	A ideia de conforto no sentido amplo da palavra	12
1.5	Clima subtropical úmido	13
CAPIT	ΓULO 02: A <i>CULATA YOVAI</i>	15
2.1.	Definição de Culata Yovai	15
2.1	1.1 Características construtivas e materiais	16
2.2.	Evolução e variantes tipológicas	17
2.	2.1 Varianto tipológica no Baraguai	20

2.3.	Relação da Culata Yovai e o contexto cultural onde foi se desenvolvendo	24
2.3	3.1 Atitudes para o ambiente	24
2.3	3.2 O conceito de conforto	24
2.3	3.3 A Família	26
2.3	3.4 A necessidade de privacidade	26
2.3	3.5 Comunicação social	26
2.3	3.6 A relação entre habitação e povoado	27
2.3	3.7 A localização e a escolha	27
2.4	Relação da Culata Yovai com seu contexto climático	28
2.4	l.1 Orientação	28
2.4	I.2 Materiais	28
2.4	l.3 Vegetação	29
CAPÍT	ULO 03: A <i>CULATA YOVAI</i> NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOC	IAL30
3.1.	Novas reinterpretações arquitetônicas - a casa como "símbolo"	30
3.2	Adaptação para habitação de interesse social	32
3.2	2.1. Na Argentina	32
3.2	2.2. No Paraguai	38
3.3	Apresentação de quadro comparativo e discussão sumária sobre os projetos des	critos 45
CAPIT	ULO 04: ESTUDO DE CAMPO	50
4.1.	Fichas de levantamento dos casos em Paraguai	50
4.2.	Observações pessoais	54
4.3.	Conclusões do trabalho de campo	56
PART ANAI	E II ISE BIOCLIMÁTICA DA TIPOLOGIA <i>CULATA YOVAI</i>	59
	ULO 05: METODOLOGIA	
5.1.	Desenvolvimento do processo metodológico adotado	
5 2	Estudos de caso	62

5.2.1. ESU	udo de Caso 1	. 64
5.2.2. Est	udo de Caso 2	. 66
5.3. Processo	o de simulação computacional com o programa CFD para ventilação natural	. 68
5.3.1 Pre	paração das geometrias: edificações e domínio	69
5.3.2 Ger	ração da malha ou discretização do domínio	. 71
5.3.3 CFX	(-Pre	. 75
5.3.4 CFX	(-Solver	. 77
5.3.5 CFX	C-Post	. 77
	nação da vazão através do método CSTB e da vazão requerida pelo método das s	. 85
5.5. Compara	ação dos resultados parciais	. 86
5.6. Processo	o de simulação computacional em Radlite para iluminação natural	. 87
5.7. Processo	o de simulação computacional em SoundPlan para conforto acústico	. 95
5.7.1 Ava	aliação sonora	. 97
CAPÍTULO 06:	a Zona Bioclimática e o estudo de Caso1	04
	ção da adequação as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 das encontradas no estudo de Caso1	104
·	ção da adequação as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 das encontradas no estudo de Caso 2	107
CONCLUSÕES	51	10
REFERÊNCIAS	S BIBLIOGRÁFICAS1	14
ANEXOS	1	20
Caso 1 – Cálcul	o 1	121
Caso 1 – Cálcul	o 2	122
Caso 1 – Cálcul	o 3	123
Caso 1 – Cálcul	o 4	124
Caso 1 – Cálcul	o 5	126

Caso 1 – Cálculo 6	127
Caso 1 – Cálculo 7	132
Caso 2 – Cálculo 1	133
Caso 2 – Cálculo 2	134
Caso 2 – Cálculo 3	135
Caso 2 – Cálculo 4	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de distribuição do clima subtropical úmido	.13
Figura 2.1 – Exemplo de típica habitação de quartos enfrentados " <i>Culata You</i> " 1	
Figuras 2.2 – Exemplo de típica habitação de quartos enfrentados " <i>Culata You</i> 2	
Figura 2.3 – Área onde se encontram exemplos de "Culata Yovai", em cor ver dentro das bacias dos rios Paraná e Paraguai	
Figura 2.4 – Processo construtivo	.16
Figuras 2.5 – Quinta El Paraiso, em Colômbia	18
Figuras 2.6 – Quinta de Bolivar, em Colômbia	.18
Figuras 2.7 – Quinta Anauco, em Venezuela	.18
Figuras 2.8 – Casa do Padre Inácio, São Paulo1	19
Figuras 2.9 – Casa do Padre Inácio, São Paulo2	19
Figuras 2.10 – Exemplo de habitação islera, na bacia do rio Paraná	.20
Figuras 2.11 – Exemplo de habitação islera, na bacia do rio Paraná	.20
Figuras 2.12 – Casa Francia	.21
Figuras 2.13 – Planta e fachada	.21
Figuras 2.14 –Planta de casa de campo segundo Robertson	21
Figura 2.15 – Levantamento dum <i>rancho</i> paraguaio feito por Félix de Azara 1790	
Figura 2.16 – Gravura representa a casa de campo de um <i>criollo</i> paraguaio mediana fortuna, chamado de <i>rancho</i>	
Figura 3.1 – Habitação Unifamiliar em Luque, Paraguai, arquitetos BAUEN	.31
Figuras 3.2 – Planta de Localização	33
Figuras 3.3 – Planta da habitação tipo	.33
Figuras 3.4 – Cortes e Fachadas	.33
Figuras 3.5 – Disposição na quadra	.33
Figuras 3.6 – Protótipo de habitação rural	34

Figuras 3.7 – Fachada posterior com vista do típico forno tatakua	.34
Figuras 3.8 – Espaço central multiuso	34
Figuras 3.9 – Vistas frontais1	34
Figuras 3.10 – Vistas frontais2	34
Figuras 3.11 – Disposição na quadra	35
Figuras 3.12 – Plantas e planta de teto	35
Figuras 3.13 – Corte e Fachada	35
Figuras 3.14 – Planta com as possibilidades de abrir e fechar o espaço central e crescimento futuro1	
Figuras 3.15 – Planta com as possibilidades de abrir e fechar o espaço central e crescimento futuro2	
Figuras 3.16 – Planta com as possibilidades de abrir e fechar o espaço central e crescimento futuro3	
Figuras 3.17 – Planta com as possibilidades de abrir e fechar o espaço central e crescimento futuro4	
Figuras 3.18 – Planta de localização	37
Figuras 3.19 – Disposição na quadra	37
Figuras 3.20 – Diferentes organizações dentro dos lotes	37
Figuras 3.21 – Diferentes opções de crescimento	37
Figuras 3.22 – Possibilidade de abrir e fechar o espaço central 1	37
Figuras 3.23 – Possibilidade de abrir e fechar o espaço central 2	37
Figuras 3.24 – Planta do modelo	38
Figuras 3.25 – Fachada frontal e corte transversal	38
Figuras 3.26 – Planta do modelo	39
Figuras 3.27 – Etapa de construção	39
Figuras 3.28 –Vista da fachada frontal	39
Figura 3.29 – Vista frontal da habitação	40
Figuras 3.30 – Vista do conjunto de habitações	41
Figuras 3.31 – Vista frontal	41
Figuras 3.32 – Latrina separada da habitação	41

Figuras 3.33 – Planta arquitetônica	41
Figuras 3.34 – Corte	41
Figuras 3.35 – Fachada	41
Figuras 3.36 – Planta arquitetônica	43
Figuras 3.37 – Fachada frontal	43
Figuras 3.38 –Fachada longitudinal	43
Figuras 3.39 – Corte transversal	43
Figuras 3.40 – Axonometria	44
Figuras 3.41 – Fachada posterior	44
Figuras 3.42 – Fachada frontal com espaço intermédio	44
Figuras 3.43 – Vista interior do dormitório com a cobertura e aberturas	44
Figuras 3.44 – Vista interior cozinha	44
Figuras 3.45 – Vista interior dormitório	44
Figuras 3.46 – Conjunto habitação e banheiro	44
Figuras 5.1 – Localização dos Caso 1 e Caso 2 dentro da área com subtropical húmido	
Figuras 5.2 –. Zona bioclimática 3 em relação ao território paraguaio	62
Figuras 5.3 – Mapa de localização	63
Figuras 5.4 – Sitio de implantação	63
Figura 5.5 – Rosa dos ventos para o mês de janeiro	64
Figuras 5.6 – Vista da fachada NNE	65
Figuras 5.7 – Fachada frontal, corte longitudinal, planta arquitetônica	65
Figura 5.8 – Vista axonométrica	66
Figuras 5.9 – Planta arquitetônica	67
Figuras 5.10 – Vista da fachada NNE	67
Figura 5.11 – Fachada frontal, Corte longitudinal	68
Figuras 5.12 – Modelo caso 1	69
Figuras 5.13 – Modelo caso 2	69

Figura 5.14 – Domínio para estudo de caso1	70
Figura 5.15 – Domínio para estudo de caso2	71
Figura 5.16 – Domínio com visualização da malha para caso2	.75
Figura 5.17 – Secção transversal do domínio para caso1	.75
Figura 5.18 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, dentro do domínio p caso1	
Figura 5.19 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, vista axonométrica p caso1	
Figura 5.20 – Vectores de velocidade em plano a 1.20 do piso, Planta caso1	.78
Figura 5.21 – Perfil de ventos, dentro do domínio para caso1	.79
Figura 5.22 – Vectores de velocidade em plano de secção transversal p caso1	
Figura 5.23 – Pressão em superfícies para o caso1	.80
Figura 5.24 – Pontos de medição de pressão e velocidade para caso1	.80
Figura 5.25 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, dentro do domínio p caso2	
Figura 5.26 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, vista axonométrica p caso2	
Figura 5.27 – Vectores de velocidade em plano a 1.20 do piso, Planta caso2	.82
Figura 5.28 – Perfil de ventos, dentro do domínio para caso2	.83
Figura 5.29 – Pressão em superfícies para o caso2	.83
Figura 5.30 – Pontos de medição de pressão e velocidade para caso2	.84
Figura 5.31 – Carta solar da localização do estudo de caso (25° 44' 58,31" latitude sul)	
Figura 5.32 – Carta solar com transferidor para orientação do estudo de caso horário de uso em verde	
Figura 5.33 – Croquis do lay-out do quarto com a localização do ponto de medio para Caso 1	
Figura 5.34 – Dados de entrada relativos às características físicas do estudo caso 1	
Figura 5.35 – Croquis do lay-out do quarto com a localização do ponto de medio para Caso 2	-

Figura 5.36 – Dados de entrada relativos às características físicas do estudo de caso 292
Figura 5.37 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para c mês de dezembro. Em cor verde o horário de uso para Caso 193
Figura 5.38 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de junho. Em cor verde o horário de uso para Caso 193
Figura 5.39 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de dezembro. Em cor verde o horário de uso para Caso 294
Figura 5.40 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de junho. Em cor verde o horário de uso para Caso 295
Figuras 5.41 – Localização do sitio de implantação96
Figuras 5.42 – Orientação das habitações para uma melhor circulação dos ventos predominantes através do espaço central aberto em verão96
Figura 5.43 – Mapa de Ruído com implantação espontânea dentro da quadra e espaço central aberto para verão
Figura 5.44 – Mapa de Ruído com implantação espontânea dentro da quadra e espaço central fechado para inverno
Figura 5.45 – Mapa de Ruído com implantação de quadra fechada com as casas formando uma envolvente perimetral e espaço central aberto para verão101
Figura 5.46 – Mapa de Ruído com implantação de quadra fechada com as casas formando uma envolvente perimetral e espaço central fechado para inverno102
Figura 5.47 – Carta bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona bioclimática 3 para caso1104

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Comparação entre as características e os diferentes projetos47
Tabela 4.1 – Resumo de considerações do ponto de vista e a percepção dos moradores por meio de conversas informais com o autor
Tabela 5.1 – Parâmetros utilizados para configuração da malha72
Tabela 5.2 – Valores indicadores da qualidade da malha74
Tabela 5.3 – Configuração das Condições de Contorno no CFX-Pre76
Tabela 5.4 – Expressões com variáveis para cálculo do perfil de velocidade logarítmico77
Tabela 5.5 – Valores de pressão e velocidade nos pontos de medição para o caso181
Tabela 5.6 – Valores de pressão e velocidade nos pontos de medição para o caso2
Tabela 5.7 – Comparação dos resultados obtidos para o caso186
Tabela 5.8 – Comparação dos resultados obtidos para o caso287
Tabela 5.9 – Parâmetros gerais de cálculo no programa SoundPlan para o estudo de caso 298

GLOSSÁRIO DE TÉRMINOS

Binuclear: O arquiteto Cesar Carli chama habitação binuclear à que corresponde com a tipologia Culata Yovai porque a composição é formada em torno a dois volumes ou espaços fechados.

Caaguazú: Distrito do Paraguai, localizado no departamento de Caaguazú. Possui uma população estimada de 120.513 habitantes.

Guairá: Departamento do Paraguai. Sua capital é a cidade de Villarrica.

Kapi'i: Pasto ou palha que pode ser utilizada nas coberturas de habitações.

Karanda'y: Palma ou palmeira que pode ser utilizada na construção de habitações.

Koty Guazu: Quarto ou espaço grande.

Kuláta Jovái: Onde *kuláta* que vem do espanhol arcaico, significa quarto, cômodo; e *jóvai* significa: confrontados, situados em frente, face a face, portanto a tradução correta é habitação de quartos confrontados. O termino Culata Yovai, ou Culata Yobai, é utilizado principalmente na Argentina até hoje, e no Paraguai até meados do século XX.

Lance: Modulo estrutural-espacial utilizado pelos guaranis e adotado depois pelos espanhóis na colônia, composto por uma estrutura independente de troncos de madeira que suportava uma cobertura a duas aguas de materiais vegetais, e cujas dimensões correspondia ao comprimento dos troncos de madeira disponíveis.

Mbocaja: Palmeira ou coqueiro que pode ser utilizada na construção de habitações.

Oga Guy: Espaço central multiuso coberto e aberto.

Polinuclear: O arquiteto Cesar Carli chama habitação polinuclear à tradicional moradia rural fragmentada em diferentes volumes ou espaços fechados que ficam espalhados no terreno.

Quincho: Espaço equipado para a preparação do churrasco e destinado a reuniões e atividades sócias.

Tapy'i: Casa teto, é um tipo de habitação comunal utilizada pelos guaranis e modulado com *lances*

Tatakuá: Forno abobadado de tijolo cozido de origem espanhola, sempre localizado no pátio

Tereré: Bebida típica sul-americana de origem guarani, feita com a infusão da ervamate (*Ilex paraguariensis*) em água fria.

Tataypy: Espaço para cozinha com lugar para o fogão.

INTRODUÇÃO

Problemática

Atualmente vive-se num período onde é crescente a preocupação sobre o uso da energia elétrica, o que afeta todos os envolvidos no setor da construção civil. A legislação começa a exigir aos novos projetos um uso mais eficiente de energia, o que concorre para que os fabricantes desenvolvam produtos, equipamentos e sistemas cada vez mais eficientes, e os projetistas e designers combinem todos estes requisitos de uma forma prática e atraente para o usuário final.

Dentro do amplo conceito de sustentabilidade existe uma dimensão, a sustentabilidade cultural, que procura o respeito à cultura de cada local, garantindo continuidade e equilíbrio entre tradição e a inovação. Busca um novo projeto civilizatório, com fundamento no meio ambiente, o interesse social, o respeito à cultura de cada povo, promovendo, preservando e divulgando a história, tradições e valores regionais, bem como acompanhando suas transformações. Esta dimensão da sustentabilidade direciona-se à pluralidade de soluções particulares que respeitem as especificações de cada ecossistema, cultura e local (GROSS, 2009).

Neste contexto, se iniciaram as releituras da arquitetura vernácula, ela em grande parte esquecida pelos arquitetos, de modo a resgatar elementos ou fazeres arquitetônicos que tão bem responderam aos anseios humanos de proteção, conforto e qualidade de vida. Hoje, e mais que nunca estamos frente a essa necessidade de recuperar esses inerentes conceitos bioclimáticos e estendê-los ao projeto arquitetônico através do enfoque ambiental e dos princípios da sustentabilidade.

A tipologia de habitação vernácula conhecida no Paraguai como "Culata Yovai" que se encontra disseminada na região guaranítica da América do Sul, entre as bacias dos rios Paraná e Paraguai, ainda continua inserida na vida cotidiana do camponês sem muitas modificações, evidenciando assim, que ainda responde às suas necessidades de conforto e estilo de vida. Até recentemente, no contexto urbano esta tipologia passou a ser negligenciada, mas devido à influência de arquitetos e intelectuais, há programas de habitação de interesse social promovidos pelo

governo, que tentam resgatar esta tipologia para projetos de habitação popular rural e suburbana, ou no caso de pessoas de alta renda enquanto um símbolo cultural em vilas residenciais, casas de campo e habitação suburbana.

A preferência por este tipo de habitação revela a importância que os projetistas estão dando a ideias relacionadas com a identidade cultural, sustentabilidade, bioclimatismo, etc., e que são considerados importantes de promover. Em particular, no caso da habitação de interesse social, onde a grande maioria dos beneficiários nas cidades são oriundos das zonas rurais é evidenciado o alcance e os mesmos limites dessas práticas. Não faz sentido projetar uma tipologia vernácula para uma população que já não encontra nela referências e que não atenda às suas necessidades, estilos de vida, formas de trabalho e produção. Embora pareça ser uma mera idealização romântica ou recuperação cultural das elites, contudo ao que tudo indica é uma resposta lógica e viável considerando sua fácil aceitação sociocultural pelos destinatários, reduzindo assim o choque cultural na transição rural-urbana, e na busca de práticas arquitetônicas mais sustentáveis, tendo em conta certos benefícios bioclimáticos desta tipologia.

Justificativa

É importante promover o debate sobre a importância dos estudos da arquitetura vernácula, neste novo século XXI, não como um estudo de tradições passadas, mas como uma contribuição de novos métodos, soluções e realizações para o futuro ambiente construído. Sobre as leituras que podem ser realizadas da arquitetura vernácula, convém ser observado que não é recomendável somente uma cópia de certas qualidades formais como tetos, volumetrias, detalhes, etc. (há muitos exemplos de soluções quase anticlimáticas) inspirada em uma visão romântica do vernáculo, mas sim uma aproximação derivada das lições e princípios resultantes de estudos de ambientes vernáculos, e como estas lições são aplicadas no projeto, relacionadas ao clima, usos da energia, e noções de conforto ambiental. (FORSTER et al, 2006).

A "Culata Yovai" é uma tipologia de habitação vernácula de amplo aceite pela sociedade rural. Alguns autores falam de uma continuidade da Culata Yovai dentro

da evolução da habitação em Paraguai, desde a época colonial, até nossos dias e sua incorporação dentro da cultura popular rural e suburbana. Além disso, é um exemplo de arquitetura orientada para o ambiente, bem adaptada às condições ambientais, de modo a proporcionar o conforto climático com mínimos recursos.

Então, é importante se conhecer as características desta tipologia arquitetônica e de seu comportamento de uma forma mais apropriada, para um resgate de informações que permitam determinar estratégias de projeto a serem aplicadas em novas reinterpretações de habitação de interesse social da região na procura de conforto ambiental, onde seriam mantidos os elementos simbólico-culturais e bioclimáticos.

O objeto de estudo

O presente trabalho tem como objeto de estudo a tipologia de habitação vernácula Culata Yovai enquanto uma resposta arquitetônica a problemas colocados por seu entorno climático e cultural na procura de conforto ambiental.

Objetivos da pesquisa

Geral:

Avaliar a tipologia de habitação rural vernácula *Culata Yovai* em relação a seu entorno climático e cultural, para determinar estratégias de projeto a serem aplicadas em novas reinterpretações para habitação de interesse social da região na procura de conforto ambiental.

Específicos:

- Avaliar a tipologia de habitação rural vernácula *Culata Yovai* em relação a seu entorno climático e cultural
- Estabelecer delineamentos de desenho aplicáveis em novas reinterpretações de habitação de interesse social da região na procura de conforto ambiental.

Resumo metodológico

Primeiramente realizar estudo sobre a tipologia vernácula *Culata Yovai*, em termos de suas características construtivas, de implantação, e de compatibilidade com as

condições climáticas e culturais. Baseado em referências bibliográficas, e pesquisa de campo, envolvendo uma identificação dos sítios, levantamento das características arquitetônicas da tipologia. Observações pessoais do ponto de vista e percepção dos moradores baseados em conversações.

Em prosseguimento, traçar um mapa local de implantações, com detalhes de insolações, ventos e rugosidades de vegetação e solo, e levantamento de dados físicos e meteorológicos do local em sua proximidade.

Com base nestas informações e da não existência de Normas específicas para bioclimatismo no Paraguai, utilizar as normas brasileiras para o sitio brasileiro mais próximo do paraguaio selecionado. Verificar com base nestas normas brasileiras, para esta zona climática, quais serão as estratégias para o conforto do ambiente construído e se estes requisitos são atendidos para o caso da tipologia vernácula *Culata Yovai*.

Fazer uma análise sobre os resultados obtidos por cálculo ou simulações de ventilação natural nas edificações, penetração solar e de luz natural nas duas estações extremas do ano, para esta tipologia vernácula rural.

Este estudo inicial serve como base para que os arquitetos tratarem o problema de casos de releitura de esta habitação vernácula para uma utilização na periferia urbana em projetos de habitação de interesse social. Caso em que se procure uma adaptação climática, mas também contemplar aspectos socioculturais dos futuros usuários que são provenientes do campo.

Estrutura da dissertação

Este trabalho foi estruturado em duas partes.

A primeira delas compreende o embasamento teórico adotado sobre a problemática tratada pela pesquisa, e compreende três capítulos.

O Capítulo 1 recorre os antecedentes da relação entre arquitetura vernácula e a sustentabilidade, o conforto ambiental, e habitação de interesse social.

O Capítulo 2 conceitua a tipologia *Culata Yovai*, suas características, evolução e variantes regionais, e sua relação com o entorno climático e cultural.

O Capítulo 3 expõe as formas em que se estão fazendo as novas releituras, principalmente para habitação de interesse social.

O Capítulo 4, contém o levantamento feito no estudo de campo, exemplos de habitação vernácula em uma área determinada do território Paraguaio

A segunda parte da pesquisa contém as diferentes análises realizadas, e é apresentada em dois capítulos

O Capítulo 5, desenvolve a metodologia, a escolha dos estudos de caso e explica o processo metodológico das as simulações e cálculos realizados para os mesmos.

O Capitulo 6, apresenta uma avaliação da tipologia *Culata Yovai* como resposta arquitetônica a problemas colocados por seu entorno climático na procura de conforto ambiental por meio de uma verificação da adequação as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 das características encontradas em dois casos de estudo: o primeiro é um caso genérico vernáculo resultado do estudo de campo, e o segundo é um caso de adaptação contemporânea para habitação de interesse social.

Finalmente é feita a conclusão, onde são estabelecidos os delineamentos de desenho aplicáveis em novas reinterpretações de habitação de interesse social da região na procura de conforto ambiental.

PARTE I EMBASAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO 01: ANTECEDENTES

1.1 Arquitetura vernácula

O adjetivo vernáculo derivado do latim *vernaculus*, significa: nativo, doméstico, oriundo da casa, da região ou do país. O substantivo em latim "verna", denominava o escravo ou escrava, principalmente aquele nascido na casa de seu amo. Este adjetivo foi introduzido na teorização da arquitetura primeiramente no idioma inglês, com a expressão *vernacular*, traduzível como "nativo" ou "nacional". A arquitetura vernácula constitui um gênero construtivo homogêneo, perfeitamente identificado em termos de cultura, meio e época. Diferencia-se da arquitetura primitiva, realizada com precariedade de meios em uma sociedade primitiva, e da sub-habitação marginal da periferia urbana que, além da precariedade de meios, reflete também uma distorção no plano da cultura. (SILVA, 1994)

A arquitetura vernácula não é realizada pelos profissionais da arquitetura, é produto do próprio usuário, num contexto que ainda ignora a divisão social do trabalho. É o caso de sociedades, como os grupos indígenas, em que há um legítimo contexto cultural determinante em que a edificação seja feita pelos usuários. Mas existe ainda, em certas coletividades rurais contemporâneas a prática desta atividade edificatória, por ser a mais condizente com seu contexto econômico e cultural.

Nestas sociedades, não existindo o oficio de construtor não pode haver uma ciência do construtor; o ato de construir, embora socializado, não chega a configurar uma prestação de serviço do tipo profissional. Se construir não é uma atividade sistemática, repetitiva ou continua, não chega a produzir uma reflexão que leva a abstração, à teorização e ao aperfeiçoamento. Portanto constrói-se de acordo com a tradição: o ato de construir está abaixo do limiar da consciência teórica, que levaria à crítica da própria tradição e ao impulso para a revisão, isto é, ao estímulo para a mudança. (SILVA, 1994)

A rudimentariedade que caracteriza a arquitetura vernácula deve ser entendida em termos relativos, o conhecimento nela aplicada é rudimentar apenas em relação a outras modalidades mais desenvolvidas, pois é adequado em relação ao contexto que deve satisfazer. Essa arquitetura, diferentemente da erudita, deriva de um

conhecimento essencialmente empírico, o que significa que aprende-se a construir na prática, pela reprodução dos procedimentos conhecidos, pela imitação de modelos concretos, sem que seja necessário um processo complicado de nova elaboração mental. O hábito torna desnecessário que cada situação seja definida de novo, etapa por etapa, por tanto o processo de produção desconhece a instituição do projeto como etapa preliminar da edificação e as decisões referentes à configuração do artefato arquitetônico não são objeto de elaboração mental e prévia representação simbólica, devido à existência do modelo concreto acessível que torna desnecessária a elaboração projetual. Tal condição não inferioriza essa arquitetura, pois o conhecimento empírico não é necessariamente inferior ao teórico (SILVA, 1994)

Os exemplos do vernáculo podem ser reconhecidos por:

- a) Uma maneira de construir partilhada pela comunidade
- b) Um carácter local ou regional reconhecível
- c) Coerência no estilo, na forma ou na aparência, ou o uso de tipos de construção tradicionalmente estabelecidos
- d) Sabedoria tradicional no projeto e na construção, que é transmitida informalmente
- e) Uma resposta efetiva às restrições funcionais, sociais e ambientais
- f) A aplicação efetiva de sistemas e de ofícios de construção tradicionais

A construção vernácula é a forma tradicional pela qual as comunidades habitavam, em um processo contínuo que inclui as necessárias modificações e adaptações dentro de restrições sociais e ambientais. A sobrevivência desta tradição está mundialmente ameaçada pelas forças da homogeneização económica, cultural e arquitetônica. (ICOMOS, 1999)

1.2 A arquitetura vernácula nas experiências de habitação de interesse social

O processo de mudança que ocorre na cultura ocidental na segunda metade do século XX introduz uma série de desenvolvimentos cruciais. O relativismo cultural, a ascensão das ciências humanas (sociologia, antropologia, psicologia social, etc.) e o estudo das culturas primitivas, mostram que nem todas as sociedades podem ser medidas de acordo com os mesmos padrões culturais e de desenvolvimento, levando a um interesse pela cultura e as arquiteturas anônimas.

Adiciona-se a isso o conhecimento da crise nos países mais industrializados, o esgotamento dos recursos, movimentos ecologistas e visões que desafiam o modelo capitalista de desenvolvimento e procuram novas alternativas baseadas em outras tecnologias, estilos de vida, aprendendo do senso comum das sociedades pobres. (MONTANER, 2002)

Tudo isso traz de volta uma demanda pelas arquiteturas vernáculas e bioclimáticas, pensadas para construir com materiais e tecnologias locais, de acordo com as formas tradicionais, seguindo orçamentos financeiros modestos e integrando-se ecologicamente com o contexto e as condições climáticas.

Nos países latino-americanos abundaram desde os anos setenta, experiências onde foram adotados repertórios tipológicos vernáculos que contribuíram para moradias habitacionais populares.

Podemos citar a experiência de autoconstrução do arquiteto britânico John F. Turner onde os usuários configuraram seus espaços existenciais. A metodologia dos "patterns" do arquiteto Christopher Alexander aplicada ao concurso PREVI (Projeto de Habitação Experimental em espanhol), em Lima (1966-1968), que incluiu um desejo de recuperar os valores das arquiteturas populares, utilizando apenas tecnologias intermediárias e alternativas. (MONTANER, 2002).

Em Pernambuco (Brasil), temos o projeto habitacional Cajueiro Seco (1963), onde o arquiteto Acacio Gil Borsoi propôs para a comunidade favelada, um programa de autoconstrução de casas segundo um sistema de racionalização e pré-fabricação de componentes construtivos baseados na taipa ou pau ao pique (sistema tradicional

que associa uma malha de madeira com o revestimento com barro). O que muitos chamaram de mocambo "higienizado" e "racionalizado", era uma arquitetura de custo baixo e factível dentro das limitações orçamentárias da população no local com a alternativa de morar em casas de melhor qualidade, dotados de um conforto relativo, mas suficiente em relação às condições climáticas e ao desenvolvimento econômico e mental dos beneficiários, sem violentar as características culturais e cotidianas da comunidade favelada. O golpe de 1964 interrompeu e experiência, sem possibilidade de avaliação, já que a falta de suporte técnico para manter sistema tão frágil fizeram desaparecer as unidades construídas. (INGLEZ DE SOUZA, 2010).

Para seus detratores, todas essas experiências pecaram de românticas, utópicas, nostálgicas e idealistas, onde o uso do vernáculo tende a um historicismo perigosamente pré-industrial e não moderno.

Para seus defensores, foram obras que tomaram consciência do subdesenvolvimento da população, como um fator de contingência histórica, vinculada ao princípio da autoconstrução e uma melhora progressiva, que sintetiza a tradição com a modernidade, a cultura popular e a profissional, pelo menos no campo da imaginação arquitetônica.

A partir dos anos oitenta, na Argentina e no Paraguai surgiram propostas de habitações de interesse social de desenho renovador inspiradas em tipologias vernáculas como a *Culata Yovai*, criadas por especialistas para serem aplicadas dentro do contexto cultural e ambiental, com meios técnicos simples. (HERREROS et al, 1984; CARLI, 1987)

1.3 Arquitetura vernácula e o bioclimatismo

Hoje, o desenho sustentável e as tecnologias prediais são fundamentais na formação dos arquitetos. Com o crescimento global de consumo energético e do uso de recursos naturais, e sua relação com o câmbio climático os arquitetos tem uma grande responsabilidade em projetar edificações ambientalmente sustentáveis, onde o desempenho garanta um ambiente confortável para seus ocupantes.

Atualmente, o uso de sistemas de aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação para alcançar o conforto, além do alto consumo energético, levam geralmente a uma "adição" depois que a forma e a materialidade do prédio já foram decididas. Uma aproximação a um desenho mais integrado à tecnologia predial desde sua concepção tem o potencial de reduzir a necessidade de sistemas de alta tecnologia e reduzir o consumo energético dos prédios.

A arquitetura vernácula geralmente responde às condições climáticas com estratégias passivas de baixo consumo energético para alcançar o conforto humano, estratégias que já estão integradas à forma, orientação, e materialidade das edificações. E ainda demonstra um uso econômico de materiais de construção locais.

Se for considerada a qualidade e diversidade da arquitetura vernácula no mundo, surpreende a pequena parte que ocupa no ensino de arquitetura na atualidade e geralmente é limitado a um trabalho de documentação histórica. Verifica-se no momento que os estudos da arquitetura vernácula passam também a descrever e documentar prédios, com uma orientação para resolver problemas, mais comparativa, integradora, em um estágio mais conceptual e teórico. Os arquitetos podem aprender lições da arquitetura vernácula e aplicá-las aos novos projetos. Usando a arquitetura vernácula como uma fonte de informação e inspiração. (FORSTER et al, 2006)

Construções vernáculas reais são bons modelos para dar lições de desenho sustentável, e podem ser usadas como laboratórios, utilizando os prédios e seus contextos para explicar os princípios bioclimáticos e como podem ser observados, mensurados e analisados. Levando em conta variados temas: sitio e clima, estrutura e materiais de construção, ambiente térmico, visual e acústico. Como resultado deste método de estudo, somos capazes de experimentar as condições climáticas em ambientes interiores em construções reais. Além de ganhar conhecimentos em princípios científicos é possível olhar, cheirar, ouvir, e sentir a arquitetura, desenvolvendo assim uma ideia da percepção dos fenômenos físicos.

Uma leitura sobre a arquitetura vernácula no mundo leva a um olhar do vernáculo dentro de outras culturas, onde usos e funções, materiais e técnicas construtivas, servem para unir outros diversos aspectos do projeto arquitetônico sob o enfoque vernáculo.

Com esta visão holística do ambiente construído é possível perceber como as condições climáticas no interior da edificação podem ser alteradas com a orientação, distribuição dos ambientes e materialidade, para atingir o conforto humano. Por outro lado é possível imaginar como as pessoas interatuavam com os prédios, como este satisfazia suas necessidades, e também perceber como a ideia de conforto humano mudou através da história. (FORSTER et al, 2006)

1.4 A ideia de conforto no sentido amplo da palavra

O conforto é, em seu contexto sociocultural, muito específico a cada povo, e varia de pessoa a pessoa.

A ideia de conforto é uma invenção cultural, e foi evoluindo com os séculos. No princípio entre os camponeses o conforto não era um objeto conscientemente entendido, era antes uma demanda latente. Apenas se aplicava à arquitetura a final do século XVIII, conscientemente percebido na nobreza, mas é principalmente com a burguesia, no século XIX onde foi se desenvolvendo, e se tornou accessível a uma faixa maior da população. Relacionava-se com a casa cômoda, decorada e tradicional, incluindo os conceitos de intimidade e privacidade, que não existiram antes, depois foram se incorporando as ideias de conveniência, encanto, leveza/tranquilidade, estilo e eficiência, no século XX o movimento moderno proponha uma estética do útil, em lugar do tradicional. Se o movimento trouxe ganhos técnicos como o desenvolvimento dos sistemas prediais (especialmente iluminação e climatização), perdeu-se em domesticidade, privacidade e intimidade. No aspecto técnico, caiam no esquecimento práticas tradicionalmente eficientes de controle ambiental. Os edifícios se tornavam cada vez mais dependentes de fontes externas de energia, elevando o consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis. Nas três últimas décadas do século XX, acompanhando o movimento ambientalista, novas correntes na arquitetura tentavam resgatar o conforto ambiental ligado a uma arquitetura passiva, bioclimática ou sustentável. (SCHMID, 2005).

Segundo a ASHRAE, conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. (LAMBERTS et al, 1997)

1.5 Clima subtropical úmido

Chamado em suas variantes regionais *clima chinês* ou *clima pampeano* na classificação climática de Köppen é **Cfa** ou **Cwa**, é uma zona de clima caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos frios, com chuvas fortes em áreas costeiras, que diminuem por um inverno cada vez mais seco com o aumento da distância da costa. (Figura 1.1)

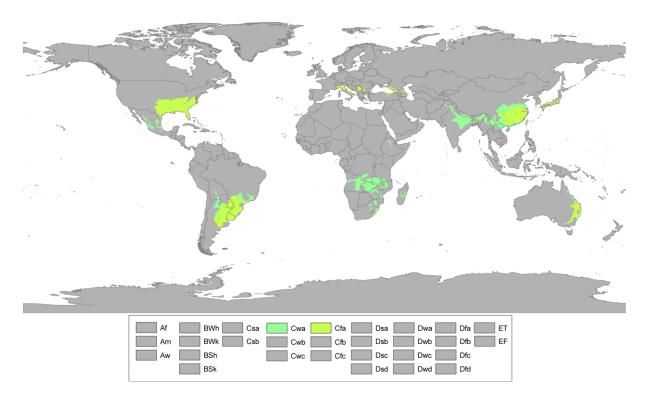


Figura 1.1 – Mapa de distribuição do clima subtropical úmido. Fonte: PEEL et al, 2007

Na América do Sul é conhecido como *clima pampeano* e ocorre no nordeste da Argentina, Uruguai, sul do Brasil e leste do Paraguai, sendo classificado como **Cfa**.

O **Cwa** ocorre em algumas terras altas tropicais de São Paulo, Minas Gerais e perto das serras do noroeste da Argentina (PEEL et al, 2007).

É um clima complexo do ponto de vista do projetista. Essencialmente é similar aos das regiões temperadas úmidas, mas apresenta meses de inverno frios. Para estabelecer os requisitos de projeto evidentemente deve-se estabelecer a uma solução arquitetônica de compromisso. (KONYA, 1981).

CAPITULO 02: A CULATA YOVAI

2.1. Definição de Culata Yovai

A denominação de "Culata Yovai" dada a esta habitação rural vernácula vem do idioma Guarani falado no Paraguai: Kuláta Jovái, onde kuláta significa em português: quarto, cômodo; e jóvai significa: confrontados, situados em frente, face a face, portanto a tradução correta é habitação de "quartos confrontados"

Consiste em uma construção simétrica, composta principalmente por três espaços colocados em linha e cobertos sob um mesmo teto. Os dois espaços extremos, "culatas", são fechados e relacionam-se entre si através do espaço central aberto. Este constitui um ambiente ventilado e sombreado para as atividades diárias dos moradores, em alguns casos conta com uma pérgula como prolongação do espaço central. A cozinha e a latrina ficam separadas do resto da casa. (Figuras 2.1 e 2.2)



Figuras 2.1 e 2.2 – Exemplo de típica habitação de quartos enfrentados "*Culata Yovai*". Fonte: BOETTNER, 2010; SANCHEZ, 2011

Este esquema de formas puras e simples, se mantém até hoje, nas regiões rurais de clima subtropical úmido das bacias dos rios Paraná e Paraguai, com diversos materiais e com variantes em sua organização de planta, sendo uma resposta muito válida do ponto de vista climático e cultural. (Figura 2.3)

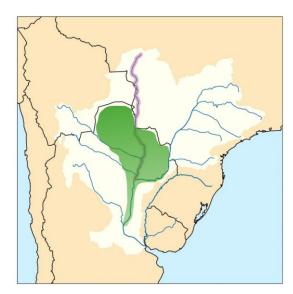


Figura 2.3 – Área onde se encontram exemplos de "*Culata Yovai*", em cor verde, dentro das bacias dos rios Paraná e Paraguai. Fonte: Confecção própria

2.1.1 Características construtivas e materiais

Ao início é construída a estrutura – esqueleto de madeira composta geralmente de troncos de *mbocaja* ou *karanda'y* para suporte do teto de *kapi'i* ou palha, ou folhas de palma, o chão é de terra batida, e posteriormente são feitas as paredes, só como uma simples cobertura vertical com o material disponível no lugar. (Figura 2.4) (SANCHEZ, 2011).

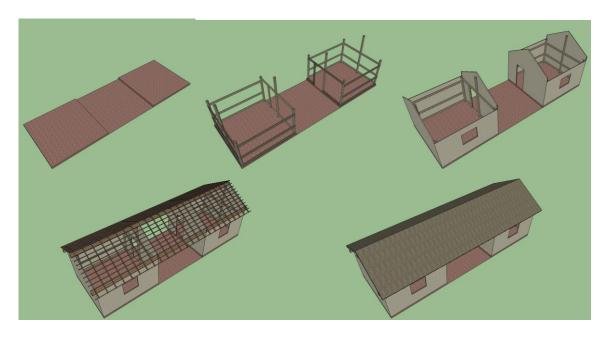


Figura 2.4 - Processo construtivo. Fonte: Confecção própria

Os materiais de construção das paredes e tetos variam de acordo com as diferentes zonas, como adobe, troncos de *karanda'y* e palha no Chaco, pau a pique e palha no Guairá, madeira e palha no Caaguazú, até tijolos e telhas cerâmicas na região Central e o sul do país, pelo esgotamento de materiais de coleta. Os suportes verticais do teto seguem a linha evolutiva que caracteriza geralmente a toda a arquitetura paraguaia, que se inicia em troncos de madeira que suportam a cobertura superior, até finalmente sua substituição estrutural com paredes de tijolo de barro cozido.

Por outra parte a evolução da cobertura superior incide no aspecto formal das culatas e da conformação dos espaços interiores. A forma semicircular de algumas é o resultado da facilidade técnica de colocar caibros ou terças de igual comprimento em abanico sobre ambientes de planta circular.

O desejo de conformar ambientes de forma retangular e de maiores dimensões torna necessária a utilização do espigão para a conformação do teto, além disso a intersecção entre o espigão e a cumeeira leva a utilização de novos pilares e finalmente a incorporação de tesouras (HERREROS et al, 1984).

Os materiais de construção das paredes e tetos variam de acordo com as diferentes zonas, como adobe, troncos de *karanda'y* e palha no Chaco, pau a pique e palha no Guairá, madeira e palha no Caaguazú, até tijolos e telhas cerâmicas na região Central e o sul do país, pelo esgotamento de materiais de coleta. (GIURIA, 1950).

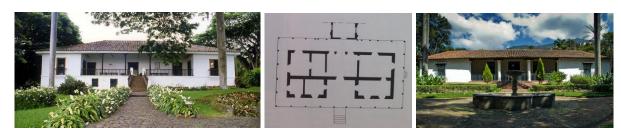
2.2. Evolução e variantes tipológicas

Ainda não está claro se a habitação de "quartos confrontados" a *Culata Yovai*, é uma resposta arquitetônica que foi evoluindo a partir da habitação comunal guarani, conhecida como *tapy'i* ou bem, se é o resultado de uma evolução a partir de soluções espanholas adaptadas às condições locais. (Herreros et al 1984).

Ao fato da composição formal e espacial em base a eixos de simetria, lembrando a possiblidade de influência renascentista através dos jesuítas, adiciona-se, a existência de exemplos parecidos disseminados em outras regiões da América espanhola ou em áreas de influência espanhola, o que leva a pensar de uma origem

hispânica que foi se adaptando a cada região e adquirindo características próprias em cada uma delas.

É possível encontrar exemplos similares a uma *Culata Yovai* em Santa Cruz de la Sierra e Cochabamba na Bolívia, ou até realizações semelhantes na Guatemala, Venezuela, Colômbia e Equador. Segundo o arq. equatoriano Gustavo Borja, essas casas, de planta quadrada ou retangular, são uma versão popular das casas da Andaluzia, de planta simétrica, corredores fronteiro e posterior, amplos telhados de quatro águas, e discreta fenestração. (Figuras 2.5 – 2.7) Com efeito, no Equador, Colômbia e Venezuela, até hoje se continua construindo casas que têm essa aparência e planta similar, mas com novas técnicas e materiais, e são sempre da área rural, inexistindo nos meios urbanos (AMARAL, 1981).



Figuras 2.5, 2.6, 2.7 – Quinta El Paraiso, em Colômbia; Quinta de Bolivar, em Colômbia; Quinta Anauco, em Venezuela, respectivamente. Fonte: AMARAL,1981

No Brasil, são conhecidos exemplos de contatos entre São Paulo e as missões paraguaias via o rio Tiete iniciadas já no século XVI (LEMOS, 1989). A presença espanhola em São Paulo persistiria até fins do século XVII de maneira significativa, e com ela certas manifestações culturais como as construções. A "casa paulista" tem semelhanças com as casas rurais da América Espanhola sobretudo na fachada, na alternância de "cheios e vazios", corredores com pilares de madeira ladeados com panos de parede com uma janela em cada lado, e na geometria da planta (Figuras 2.8-2.9). O Arq. Carlos Lemos, de São Paulo, estudioso do assunto, fala que o partido deste tipo de casa é sem dúvida erudito e universal, exportado desde a Itália para a Península Ibérica, e realizado através de uma grande variedade de técnicas construtivas. Mas a casa rural com esse partido, tal como ocorre em São Paulo dos séculos XVII, XVIII e às vezes até inícios do século XIX, não chega via Portugal, mas via Espanha e/ou América Espanhola. A origem também pode apontar para os

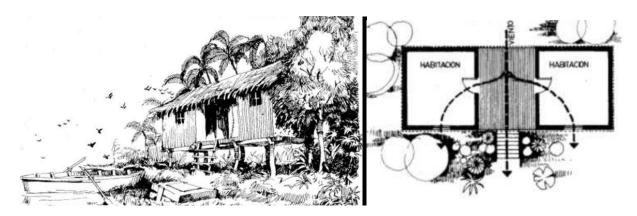
jesuítas, dado que a Companhia era proprietária de terras nos arredores da cidade, e seu nível intelectual era o mais elevado no planalto. Contudo, sabendo da intensa vinda de espanhóis do Paraguai para São Paulo, por exemplo, os bandeirantes conduziram milhares de indígenas do Guairá para vendê-los no mercado de São Paulo, e que esses indígenas do Guairá, em contato como povoados espanhóis, ou por influência da ação jesuítica, já se achavam em processo de aculturação segundo as diretrizes de origem espanhola no Paraguai, e transportada depois para São Paulo, onde se teria fundido como costumes portugueses aqui existentes. Com os que aqui permaneceram, tendo em conta a existência da região de senhores castelhanos, nada mais natural que implantar um tipo de moradia que lhes fosse familiar. (AMARAL, 1981).



Figuras 2.8, 2.9 – Casa do Padre Inácio, São Paulo. Fonte: AMARAL, 1981

Na Argentina, é possível encontrar exemplos similares na região do litoral, nas províncias do Chaco, Formosa, Corrientes, Entre Ríos e Santa Fe, onde a coexistência das fracas preexistências locais e da tradição popular espanhola, derivaram numa fusão onde é possível reconhecer uma arquitetura vernácula própria da região litoral, que tivera ampla difusão no espaço e no tempo. Até hoje são achados exemplos desta casa rural subtropical, conhecida como *casa islera*, (Figuras 2.10 - 2.11) encontra-se nas ilhas e margens dos córregos do litoral do Paraná, são construções de palafitas, prevenindo as enchentes. O espaço central aberto permite a ventilação cruzada que recebe as brisas do Nordeste, que são frescas e agradáveis. Dita posição oferece a parte mais estreita e fechada da casa à

irradiação solar do Oeste, e proporciona-se sombra suplementar com a vegetação circundante. Mas no inverno, o vento frio provindo do Sul faz que o espaço central fique deserto, as pessoas refugiam-se no interior dos quartos ao lado do braseiro. Interior no inverno, exterior no verão, interior – exterior, o constante paradoxo que caracteriza ao homem do subtrópico (CARLI, 2003). Assim, a partir da imigração europeia da segunda metade do século XIX, se produzem dois efeitos: por uma parte convertendo-a no arquétipo da "argentinidad" regional, e ao mesmo tempo, estigmatizando-a e provocando sua crise. Hoje, confinada a áreas restritas, interrompida a transferência de conhecimentos construtivos, assediada por produtos industriais e por novos modelos, a arquitetura vernácula do litoral argentino planteia desafios as organizações não governamentais e acadêmicos que procuram atualizála e revitalizá-la como meio de responder a demandas sociais de habitação. (CALVO, 2011).



Figuras 2.10, 2.11 – Exemplo de habitação *islera,* na bacia do rio Paraná. Fonte: CARLI, 2003

2.2.1 Variante tipológica no Paraguai

As primitivas habitações e refúgios dos diferentes grupos indígenas que habitam na região são antecedentes dentro da arquitetura espontânea, pelo uso dos espaços, pela técnica construtiva e os materiais utilizados. (HERREROS et al, 1984).

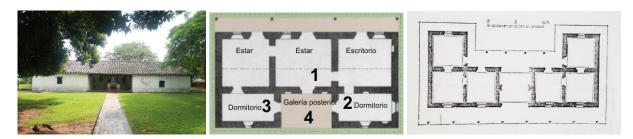
Os guaranis utilizavam como refúgio a habitação comunal conhecida como *Tapy'i* ou "casas teto", que se constituía pela repetição sucessiva de um *lance*, chamava-se assim ao modulo estrutural-espacial utilizado, adotado depois pelos espanhóis durante o período colonial, estava composto por uma estrutura independente de troncos de madeira que suportava uma cobertura a duas aguas de materiais

vegetais, e cujas dimensões correspondia ao comprimento dos troncos de madeira disponíveis. A fácil obtenção e aplicação do material vegetal, permitiram que as primeiras casas tiveram decidida uniformidade. (SANCHEZ, 2011).

Sem dúvida os mestres de obras espanhóis chegados ao Paraguai dominavam certas técnicas construtivas com madeira e pedra, o muro de taipa de pilão e o pau a pique foi uma introdução dos mesmos, mas as primeiras resultantes arquitetônicas mostram, no tecnológico, uma adaptação as técnicas locais. O sistema construtivo da casa comunal guarani, servira de base aos espanhóis, por exemplo:

- Na conservação da estrutura independente de madeira que é achada em toda a região até a metade do século XVIII como principal sistema de construção.
- Nos elementos de cobertura do teto, de palha, palma, etc., embora os espanhóis começaram a fabricar a telha, esta não foi econômica até a metade do século XVII.
- Nas dimensões dos lances como modulação e organização lineal dos espaços em
 L ou U. (GUITIERREZ, 1977).

Alguns exemplos importantes desta arquitetura com a tecnologia incorporada são a Casa Francia, em Yaguarón, de meados do século XVIII, e a casa de campo segundo Robertson, de 1895 (Figuras 2.12 -2.14)



Figuras 2.12, 2.13, 2.14 – Casa Francia; planta e fachada; Planta de casa de campo segundo Robertson. Fonte: Autor; RIOS, 2002; GUITIERREZ, 1977

As peculiaridades da arquitetura paraguaia evidenciam mais um fenômeno de reelaboração, a expressão de uma arquitetura mestiça amoldada pela experiência vital da subsistência. A imagem físico-morfológica do *tapy'i* é percebida na tipologia da *Culata Yovai*, que mantém os traços gerais, mas em escala reduzida (GUITIERREZ, 1977) constituindo uma mistura dos elementos do *tapy'i* autóctone e

da casa peninsular, trazida pelos espanhóis (SANCHEZ, 2011), talvez por isso, dentre todas as diversas formas de habitação espontânea da área rural, é a que possui maior força icônica, ganhando até um nome próprio. A *Culata Yovai*, é ainda encontrada nas áreas rurais demostrando não só a persistência das formas arquitetônicas, mas também das formas de vida.

Os primeiros antecedentes documentados que foram achados deste tipo de casa são do levantamento feito pelo militar e naturalista espanhol Félix de Azara, em 1790 incluído em seu manuscrito titulado "Geografia Física y Esférica de las Provincias del Paraguay y Misiones Guaraníes", este levantamento é o correspondente a uma habitação Culata Yovai (Figura 2.15). Por outra parte, na publicação "Viaje al Paraguay en los años 1816 a 1826" do naturalista e médico suíço, Johann Rudolf Rengger, existe uma descrição junto como uma gravura do rancho criollo feita em sua viagem (Figura 2.16). A gravura representa a casa de campo de um criollo paraguaio de mediana fortuna, chamado de rancho. A habitação é composta de dois dormitórios, que estão separados por um espaço de 4,5m a 6m de comprimento, aberto em frente. Este espaço é uma sorte de hall de entrada elevado um escalão sobre o nível do quintal, feito de pedra batida, é um espaço de estar onde são colocadas as redes de descanso, e fica protegido contra o vento sul por meio de uma parede que une os dois dormitórios. Nela está situada uma porta. (REENGER, 2010).

O viajante inglês Juan Parish Robertson no século XIX, apresentou uma descrição das casas de campo paraguaias, (GIURIA, 1950) mostrando de que não estão dotadas unicamente de amplo corredor em contorno, mas também de um espaço aberto no centro dele, onde baixo teto a família almoça, janta, recebe as visitas, tiram uma soneca, e até pela noite dormem, sendo esta sempre a parte mais fresca da casa. (Figura 2.14). Os muros eram feitos de taipa de pilão ou adobe, o tijolo era um luxo na época colonial.

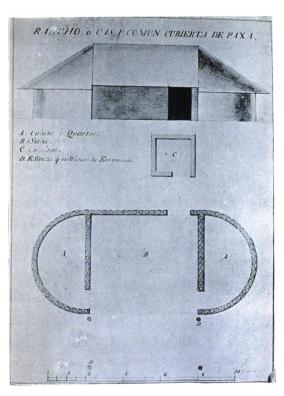


Figura 2.15 – Levantamento dum *rancho* paraguaio feito por Félix de Azara em 1790. Fonte: AZARA, 1904



Figura 2.16 – Gravura representa a casa de campo de um *criollo* paraguaio de mediana fortuna, chamado de *rancho*. Fonte: REENGER, 2010

2.3. Relação da Culata Yovai e o contexto cultural onde foi se desenvolvendo

No resultado formal de uma casa devem ser considerados tanto os aspectos físicos como os socioculturais. Os fundamentos de muitos tipos de habitação, que não são facilmente entendidos no contexto dos relativamente poucos tipos climáticos, de um número limitado de materiais e de outros fatores físicos, tornam-se muito mais claros se forem consideradas como expressões de alguns ambientes ideais que refletem visões do mundo e estilos de vida diferentes. Depois de entender o caráter e a identidade de uma cultura, e obtidas certas ideias de seus valores, são esclarecidas muitas das escolhas entre as respostas possíveis (RAPOPORT, 1972). Comparamos alguns dos aspectos mais importantes do modo de vida e a maneira em que eles afetam a forma arquitetônica:

2.3.1 Atitudes para o ambiente

Com a colonização espanhola (europeia e cristã) terminou a relação religiosa e cosmológica dos povos pré-colombianos, onde o ambiente era considerado dominante e o homem era menor do que a natureza, mas ainda não era a própria relação mais exploratória de uma sociedade industrial, onde o homem muda e completa a natureza, em seguida, cria e, finalmente, destrói o meio ambiente. (RAPOPORT, 1972).

Neste aspecto o lavrador que dá origem a habitação vernácula *Culata Yovai* teria uma relação simbiótica, pela utilização de materiais locais e produção artesanal. Além da procura de conforto através da forma e orientação.

2.3.2 O conceito de conforto

O que tomamos como certo, é menos óbvio do que se pensa, não apenas sobre o que é considerado confortável, mas também a necessidade mesma de conforto. (RAPOPORT, 1972). No entorno rural do século XVIII onde a *Culata Yovai* foi se desenvolvendo como resposta arquitetônica a uma cultura camponesa da colônia o conforto não era um objeto conscientemente entendido, era antes uma demanda latente. Muitas destas características sociais perduram até hoje.

A carência de instalações sanitárias modernas tem como resultado a fragmentação da habitação em diferentes construções complementares da construção principal, que ficam espalhadas pelo terreno familiar, a "polinuclearidade" (CARLI, 1987). Por exemplo, as casas geralmente têm um poço escavado próximo à cozinha para o abastecimento de agua, e como um sinal de abundância no campo o "tatakuá", que é um forno abobadado de tijolo cozido de origem espanhola, sempre localizado no pátio. (DOMINGUEZ, 2011).

Relacionado por exemplo, com o conforto olfativo, a aceitação de odores e fumaça no interior da cozinha da *Culata Yovai*, se reflete possivelmente na sua separação do prédio principal, onde o fogão é organizado diretamente no chão e a fumaça, depois de defumar generosamente as pessoas no interior, se esgueira por entre as fendas nas paredes de pau. A prática de defumar a casa ao pôr do sol, com as brasas da erva e açúcar queimando para afugentar os mosquitos, é uma pratica adotada em consequência da ventilação natural e os espaços abertos. (DOMINGUEZ, 2011).

Quanto ao conforto lumínico e higrotérmico, como o resultado do modo de vida camponês, que faz grande parte de suas atividades diárias ao ar livre, é decisiva na organização da habitação espontânea paraguaia a utilização conjunta de espaços semiabertos e abertos A "polinuclearidade" como imagem recorrente da habitação, exalta subconscientemente os espaços intermédios, os que ficam entre os volumes fechados das habitações, e que são precisamente os mais frescos, sombreados e aconchegantes durante o verão. Por exemplo, o caramanchão, as pérgulas, o espaço central aberto com ventilação cruzada, etc. (CARLI, 1987). Por outra parte, as culatas ou quartos são escuras e mal ventiladas. A entrada de luz é dada usualmente apenas por uma pequena janela com barras e tão pequena que é impossível para o ladrão esgueirar-se através dela. (DOMINGUEZ, 2011).

A forma da casa também influencia a maneira de descansar dos habitantes, por exemplo é comum a soneca de verão no exterior à sombra de uma árvore com o uso do tapete de dormir. Por outro lado, nos quartos ou culatas há pouco mobiliário, são à noite principalmente dormitórios, e como a coabitação é padrão, muitas vezes

acomodam-se duas ou três camas longas, onde dormem os membros da família (DOMINGUEZ, 2011).

A forma específica de ganhar o pão de cada dia, é um aspecto importante na forma da habitação, por exemplo, se a família está em boas condições, um terceiro aposento ao lado da casa é reservado para um celeiro ou galinheiro. (DOMINGUEZ, 2011).

Também nesta arquitetura revela-se uma estética de simplicidade: ausência de pretensão ou de desejo de impressionar, é uma resposta direta ao estilo de vida simples do seus moradores.

2.3.3 A Família

As famílias nucleares completas (casal com ou sem filhos solteiros), e estendida (familiar nuclear e um ou mais parentes) são a maioria nas áreas rurais, (CESPEDES, 2004), o que influencia na distribuição dos espaços da habitação, já que num mesmo terreno podem se encontrar até duas casas do mesmo grupo familiar.

2.3.4 A necessidade de privacidade

Nas áreas rurais, a baixa densidade populacional, faz com que as casas estejam amplamente distantes umas das outras favorecendo um ambiente isolado onde as atividades que são normalmente realizadas dentro de quatro paredes em um ambiente urbano, como comer, dormir ou cozinhar aqui sejam feitas no exterior.

2.3.5 Comunicação social

Convém sublinhar, neste ponto, o estilo gregário que caracteriza o modo de vida rural paraguaio, onde as oportunidades de se envolver em grupos familiares, vizinhos, amigos, adquire a forma de trabalho em equipe, atividades relacionadas aos feriados religiosos ou seculares, por exemplo, a preparação de refeições antes da Páscoa, ou a ronda em torno do *tereré* ou chimarrão frio, que reúne os amigos para conversar (DOMINGUEZ, 2011). Ditas atividades são realizadas nos espaços ao ar livre a céu aberto ou sob o teto.

2.3.6 A relação entre habitação e povoado

O fato de que muitos agricultores da América Latina e outros países em desenvolvimento usam a casa apenas como um lugar para dormir e guardar coisas ou animais, e que a maior parte da vida ocorre fora, no campo e eventualmente no povoado, tem implicações de grande significado com a forma da casa. (RAPOPORT, 1972). Este é o caso da *Culata Yovai* onde a casa em si é muito pequena, contém os espaços mínimos para o abrigo durante a noite, depois praticamente todas as atividades acontecem ao ar livre.

2.3.7 A localização e a escolha

A arquitetura espontânea revela uma estreita relação com o meio ambiente. A sabida relação arquitetura - contexto, se evidencia em uma organização hierárquica dos espaços da Culata Yovai, onde o espaço central aberto de uso múltiplo assume perceptivamente maiores dimensões às verdadeiras, porque sempre se prolonga ao exterior, mesmo nos casos em que o espaço é fechado por razões de segurança e impacto do clima, segue sempre visualmente ligado ao exterior, constituindo-se em um espaço "ponte" entre uma sucessão de espaços naturais e os espaços fechados de uso íntimo, criando uma escala gradual de sombra e conforto. (HERREROS et al, 1984). Este diálogo é estimulado e enriquecido por espécies vegetais, cuja textura, massa, folhagem, cor, flores, frutas, perceptivamente enriquecem esses espaços semiabertos e abertos. Na habitação rural paraguaia a distribuição do pátio ao redor, muitas vezes obedece ao mesmo padrão: um jardim na frente, com o seu caramanchão de jasmim "de chuva" para se proteger do sol e das chuvas. Na sarjeta do quintal crescem alguns arbustos e ervas, perto da cozinha, o chiqueiro e o pequeno horto, com cebolas de folha, pimentas, tomates, guavirá, orégano, algum arbusto de laurel, e alecrim em vasos. (DOMINGUEZ, 2011).

Um exemplo muito singular, foi dado em Guairá, onde em uma habitação, com o crescimento da família, foi fechado o espaço central aberto para criação de um novo quarto. A perda da transparência quebrou o equilíbrio entre habitação e entorno, levando ao proprietário a desenhar na nova parede árvores para recuperar a visão perdida (GUTIERREZ, 1977).

2.4 Relação da Culata Yovai com seu contexto climático

A *Culata Yovai* parece constituir uma acertada resposta ao variante e imprevisível clima do Paraguai.

2.4.1 Orientação

A orientação dos espaços abertos, responde ao conhecimento empírico das condições climáticas, daí que o espaço central fique geralmente orientado na direção Norte ou Nordeste. Com relação à insolação, a orientação Norte — Sul é favorável a menor penetração solar no verão, ficando as fachadas Leste — Oeste protegendo o espaço central contra a radiação direta. Em caso de ampliação da habitação, geralmente se coloca a nova construção idêntica à anterior adjacente a ela, de forma que o novo espaço central coincide com o antigo, deste modo se vai gerando um "canal central de ventilação", instrumento de considerável valor nos quentes verões do subtrópico. Os meses mais quentes, com alto percentual de umidade, onde o conforto térmico resulta de uma adequada proteção de sombras mais uma boa ventilação natural, o espaço central pode satisfazer às duas necessidades. Neste espaço central a proteção aos ventos, de chuva e ao frio invernal resulta muito simples com a colocação em alguns casos de uma cobertura móvel no inverno. (HERREROS et al, 1984; CARLI, 1987).

2.4.2 Materiais

A construção é feita pelos mesmos moradores com uma grande economia de meios, obtendo assim poupança de trabalho e de materiais, procurando também certo grau de conforto e assim minimizar as condições do clima externo. Os materiais de construção típicos do rancho camponês são dos recursos naturais disponíveis do lugar, por tanto, presentam um comportamento adequado ante as exigências do clima e contribuem ao acondicionamento natural. Por exemplo, as quedas bruscas de temperatura decorrentes dos ventos do Sul, obrigam ao uso dos espaços fechados como as culatas ou quartos, onde pode se estabilizar a temperatura interna dependendo do material da cobertura. Se for utilizado o adobe, sua inercia térmica vai depender de sua espessura, se for utilizado o pau-a-pique, que consiste em construir uma estrutura em tramas de taquaras, sobre as quais vai uma capa de barro de espessura variável, sendo este pouco sensível as variações de

temperatura, vai proporcionar um ambiente confortável, fresco no verão e abrigado no inverno. (HERREROS et al, 1984).

2.4.3 Vegetação

Nos exemplos de arquitetura espontânea, a habitação geralmente está implantada de acordo a vegetação circundante, com a finalidade de relacionar os espaços sombreados exteriores com os criados pela própria habitação (HERREROS et al, 1984)

CAPÍTULO 03: A CULATA YOVAI NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

3.1. Novas reinterpretações arquitetônicas - a casa como "símbolo"

A tipologia proposta por esta arquitetura vernácula rural começa a ser utilizada em áreas suburbanas, recebendo aí forte influência da arquitetura urbana e estrangeira, isto é uma indicação da natureza simbólica da casa. Revela-se como um fato que muitos imigrantes trazem sua a arquitetura e insistem em seu uso, mas, muitas vezes, esta não é apropriada para o novo lugar em que moram. No entanto, a natureza simbólica é muito importante para eles, sendo um pedaço do seu lar, portanto, é familiar em termos simbólicos.

Por um lado, nas áreas urbanas, a trama destrói a escala íntima e ligação com a terra. Pois, não há uma relação clara entre o homem e seu ambiente por meio de elementos de uma escala espacial em aumento e uma demarcação dos domínios em harmonia com o ambiente

Por outro lado, observa-se que algumas habitações vernáculas ou mesmo cidades históricas podem demonstrar uma melhor habitabilidade do que muitas casas e cidades contemporâneas. Isto sugere que certos aspectos do comportamento e modo de vida são constantes, ou que mudam muito lentamente, e a substituição das formas antigas é muitas vezes devido ao valor prestigioso da novidade e não a falta de utilidade ou relação insatisfatória com o estilo de vida. Da mesma forma, a aceitação das velhas formas também pode ser devido ao valor prestigioso do antigo, e não a uma verdadeira validez ou utilidade contínua das formas. Em qualquer caso, embora ambas as atitudes para formas mais velhas estejam ligadas ao cultural, parece estar envolvido, ou pelo menos é possível, um elemento de constância a ser examinado. Se o homem tem algum ritmo inato, umas respostas e necessidades biológicas inalteráveis, então não é impossível um relativismo total e é possível que o ambiente construído do passado ainda seja válido. (RAPOPORT, 1972).

Ao início do século XX, com a chegada e influência em Assunção dos construtores europeus, aparecem alterações espaciais resultantes da mudança de escala, e a

necessidade de privacidade. Mantém-se a organização da planta, limita-se a conexão do espaço central com o quintal principalmente no frente da habitação, o que é compensado com efeitos de fachada e jogos formais e volumétricos que tentam lembrar o espaço aberto perdido.

A tendência a fechar a fachada Sul do espaço central, já está presente no levantamento feito por Azara, e vai adquirindo diferentes materializações de acordo com o avanço da técnica, tais como a incorporação de coberturas envidraçadas. Além disso, foram aparecendo elementos substitutivos do espaço central semiaberto, como galerias de variável dimensão, pérgulas e caramanchões, e as áreas de churrasco conhecidas como *quincho*, assim todos estes reinterpretam o sentido do espaço central da *Culata Yovai*. (HERRERO et al, 1984)

Quando os projetos procuram só uma releitura da parte simbólica desta arquitetura vernácula, as possibilidades são infinitas, dependendo da criatividade de cada projetista. (Figura 3.1). No entanto quando a releitura, além da parte simbólica, procura resgatar princípios de bioclimatismo, e tenta adaptá-los a uma situação econômica de baixa renda, no caso de habitação de interesse social, o campo de manobra na procura de soluções de projeto é muito mais limitado e requer uma análise mais aprofundada.



Figura 3.1 – Habitação Unifamiliar em Luque, Paraguai, arquitetos BAUEN. Fonte: PLATAFORMA ARQUITECTURA, 2012

3.2 Adaptação para habitação de interesse social

Existem pontos de consensos e controvérsias, em certas estratégias recentes ligadas a habitação de interesse social que tentam resgatar a tipologia vernácula "Culata Yovai" no Paraguai e na região Guarani da América do Sul. Procurou-se para tanto, identificar alguns exemplos de projetos, onde os elementos arquitetônicos vernáculos são resgatados. Apresenta-se uma mostra comparativa destas novas propostas, ressaltando suas contribuições e inovações que permitem sua adaptação contemporânea para a habitação de interesse social, e quais são os elementos simbólico - culturais e bioclimáticos resgatados e considerados adequados na concepção dos arquitetos autores.

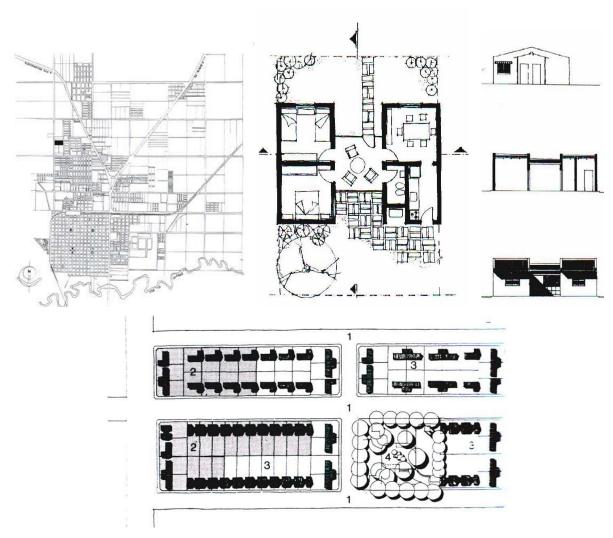
3.2.1. Na Argentina

A produção de habitações de interesse social na Argentina, é concebida como operações unitárias de gestão pública, e geralmente se afastam das manifestações que historicamente moldaram o habitat popular no país. No entanto, nos últimos anos, tem se produzido uma maior articulação quando a habitação social é configurada a partir de ressignificar ou resgatar arquiteturas vernáculas existentes. (BAGNERA, 2011)

Projeto A1 - COMUNIDADE LA CORTADA, Reconquista, Santa Fe, Argentina (1991-1993)

Implementação do Projeto: Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE)

O tipo "H" tem características da *Culata Yovai*, quanto à distribuição espacial da habitação, o que é considerado como um exemplo da adaptação deste tipo à privacidade e a segurança necessárias em habitação social em áreas urbanas. (Figuras 3.2 – 3.5) Além disso, considerando as formas de crescimento da tipologia, que têm sido estudados e fornecida aos proprietários, para sua realização posterior de acordo com sua capacidade e sem alterar as propriedades do projeto. (GULINO, 2003)



Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 – Planta de Localização; Planta da habitação tipo; Cortes e Fachadas; Disposição na quadra. Fonte: GULINO, 2003

Projeto A2 - Nova Habitação Rural 1 (NVR1). Formosa, Argentina (2009)

O IPV - *Instituto Provincial de la Vivienda*, lançou a produção a fim de variar o tipo de habitação através de novas soluções e evitar a monotonia, tentando com este novo protótipo elevar o padrão de vida das famílias e aumentar a qualidade dos espaços e instalações. (Figuras 3.6 – 3.10) Com uma área de mais de 100 m², amplos espaços, tem um número inicial de três quartos, um núcleo sanitário com lavanderia, banheiro e uma cozinha, tanque de bomba e poço de reserva (se não houver água potável) e um grande espaço para a vida familiar. A ideia é que o novo protótipo tenha incluída todas as comodidades de uma habitação urbana desenvolvida e os benefícios de uma boa implementação no espaço rural, isolada no lote. Além disso,

apresenta a possibilidade de crescimento por agregação, concentração do núcleo molhado, espaço central multiuso e quartos laterais "*Culata Yovai*", localização segundo a orientação, ventilação cruzada, pérgula na entrada que aclimata os ventos quentes, e câmara de ar entre o teto e o forro (FORMOSA, 2005)

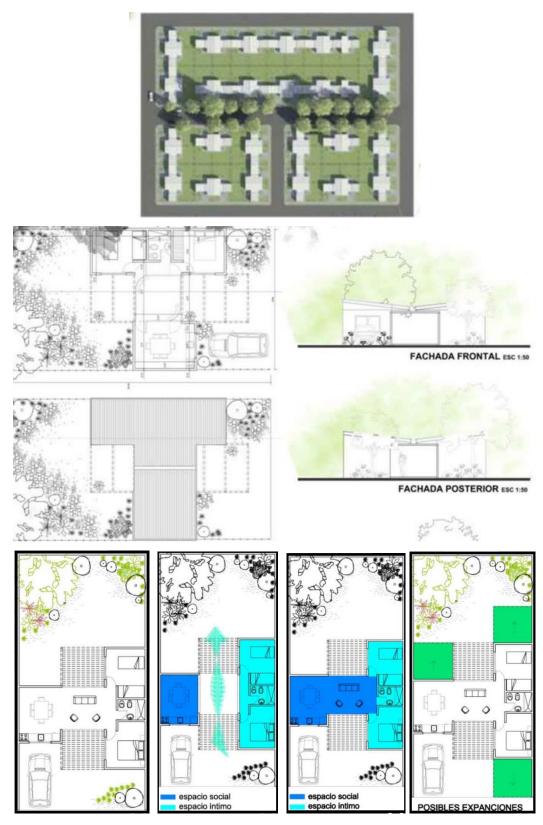


Figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 – Protótipo de habitação rural; Fachada posterior com vista do típico forno *tatakua*; Espaço central multiuso; Vistas frontais. Fonte: FORMOSA, 2005

Projeto A3 - Projeto habitação social – memoria, Santa Fé, Argentina (2010)

Autor: Arq. César Carli

O projeto tem como objetivo levar a arquitetura para o homem anônimo e suas necessidades diárias, abordando as particularidades pessoais e regionais dos mesmos. Dado que este realiza a maioria de suas atividades no ambiente externo, tenta-se resgatar o uso dos espaços abertos e semiabertos que determinaram durante gerações a habitação regional. Um antecedente tipológico considerado é a *Culata Yovai*, propondo recuperar sua característica organização "binuclear" deixando de lado a casa compacta, para retomar ao valor paisagístico e ambiental que favorecem o desenvolvimento social. (Figuras 3.11 - 3.17) Outro elemento incorporado que permite a flexibilidade espacial e versatilidade de usos é a "esclusa", que são fechamentos móveis, cuja principal característica é que quando você fecha o vão em um lugar, deixa aberto automaticamente o que deixa, afetando assim a finalidade dos espaços envolvidos. (ARQUITECTURA CRÍTICA, 2011)



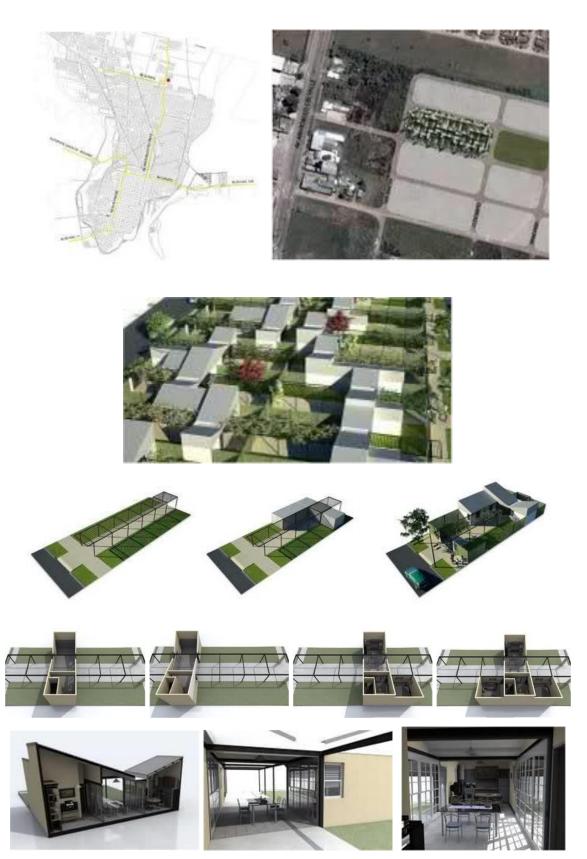
Figuras 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 – Disposição na quadra; Plantas e planta de teto; Corte e Fachada; Planta com as possibilidades de abrir e fechar o espaço central e de crescimento futuro. Fonte: ARQUITECTURA CRÍTICA, 2011

Projeto A4 – Projeto "Casas del Cambio". Santa Fé. Argentina (2010)

Autores: Arq. César Carli; Arq. Hugo Biancari; Arq. Silvana Codina; Arq. Alicia Pino; Arq. Edgardo Sanchez; Profesor Matemático Luis Bianculli; Lic. Daniel Galetti; Gabriel Sosa. No âmbito de um acordo assinado entre o Departamento Provincial de Habitação e Desenvolvimento Urbano (DPVyU) e da Faculdade de Arquitetura, Desenho e Urbanismo da Universidade Nacional do Litoral (UNL)

É utilizado um novo protótipo de habitação "binuclear", que apresenta uma unidade de habitação com base em elementos arquitetônicos (cubos, pérgulas e "esclusas") que permitem a fácil adaptação dos ambientes, a possibilidade de várias modificações e ampliações futuras com diferentes variantes. (Figuras 3.18 – 3.23)

As casas serão construídas com o modelo tradicional de construção. Cada unidade habitacional terá dois quartos, banheiro, cozinha - sala de jantar, escritório, lavanderia no exterior e um espaço multifuncional que tem a capacidade de integrar uma ampla pérgula de entrada. Esta proposta baseia-se na participação das pessoas em oficinas de design, em que cada família pode "desenhar" a habitação de acordo com seus costumes partindo de um modelo *binuclear*. (ARQUITECTURA CRÍTICA, 2011; CARLI, 2011)



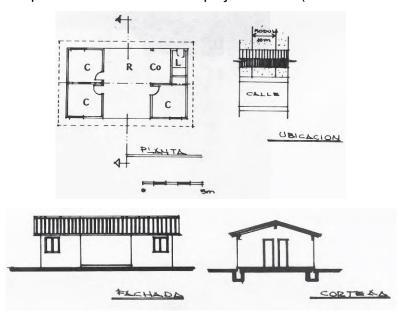
Figuras 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 – Planta de localização; Disposição na quadra; Diferentes organizações dentro dos lotes; Diferentes opções de crescimento; Possibilidade de abrir e fechar o espaço central. Fonte: ARQUITECTURA CRÍTICA, 2011, CARLI, 2011.

3.2.2. No Paraguai

Grande parte dos programas de habitação social realizados adotam esquemas de "planta compacta" com circulação interna. Estes transcendem o ambiente urbano para influenciar significativamente em soluções de habitação espontânea contemporânea em toda a área em torno da capital. (HERREROS et al, 1984) No entanto, nos últimos anos têm visto um aumento nos projetos habitacionais de interesse social que buscam resgatar de maneiras diferentes os exemplos de arquiteturas vernáculas como a *Culata Yovai*. Em alguns casos, há a procura de aproveitar pesquisas e experiências regionais em energia, meio ambiente, autoconstrução, valorização de materiais e técnicas locais, e em outros casos tentando revalorizar as culturas indígenas e suas formas de apropriação do espaço e modos de vida, nas propostas de projetos específicos para essas comunidades.

Projeto P1 - Habitação Comitê de Igrejas. Nueva Trinidad, Ruta Luque/San Bernardino (1980-90)

Foram construídas pelo Comitê das Igrejas no programa de realocação dos afetados pelas enchentes do rio Paraguai, em 1979, observa-se na solução proposta a ideia de resgatar o espaço central como um lugar de reunião. (Figuras 3.24 – 3.25) Na terceira etapa do projeto, e a pedido dos usuários encontra-se fechada a área da cozinha, limitando parcialmente assim o espaço central. (HERREROS et al, 1984)

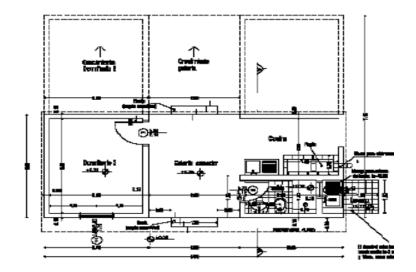


Figuras 3.24, 3.25 – Planta do modelo; Fachada frontal e corte transversal. Fonte: HERREROS et al, 1984

Projeto P2 - Programa de Habitações Saudáveis. 2007

Instituições: Red Interamericana de Vivienda Saludable –CONAVI (Hoje Secretaria Nacional de la Vivienda y el Hábitat - Senavitat)

Teve por objetivo incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas habitacionais, preservando o meio ambiente através de propostas de regularização fundiária, de serviços básicos de qualidade, localização, e projeto de espaços e ambientes adequados, e a promoção da comunicação e da colaboração (ZÁRATE, 2007) (Figuras 3.26 – 3.28)







Figuras 3.26, 3.27, 3.28 – Planta do modelo; Etapa de construção; Vista da fachada frontal. Fonte: ZÁRATE, 2007

Projeto P3 – Habitações para os Ache Guaraní. Cerro Moroti. Caaguazú. Paraguai. 2012

Secretaría Nacional de la Vivienda y el Hábitat (SENAVITAT).

Foram estabelecidas e cumpridas estratégias de fornecimento de soluções para habitação e serviços básicos das comunidades indígenas através de propostas com tipologias locais (*Culata Yovai*). (Figura 3.29) Fornecimento da estrutura do telhado, materiais, aberturas, serviços básicos de latrinas sanitárias, com um sistema de autoconstrução de paredes e do chão e o apoio técnico e social. Foram entregues 22 soluções habitacionais para famílias da etnia Ache Guarani, com o investimento no projeto do *Fondo Nacional de Vivienda Social* - Fonavis. As habitações são do tipo *Culata Yovai*, com a adição da latrina sanitária. (ZÁRATE, 2007; LA NACIÓN, 2012)



Figura 3.29 – Vista frontal da habitação. Fonte: LA NACIÓN, 2012

Projeto P4 – Habitações para a Comunidade Indígena Paraíso. Boquerón. Paraguai. 2012

Projeto implementado com o apoio da Associação dos Serviços de Cooperação Indígena Menonita (ASCIM) e Associação Colônia Neuland, por meio do Fundo Nacional da Habitação de Interesse Social (FONAVIS) de SENAVITAT. Habitat para a Humanidade acompanhou sua formulação, gestão e fiscalização, fornecendo serviços como SAT (suporte técnico) a instância do Estado.

Neste projeto também foram desenvolvidas atividades de formação agrícola e desenvolvimento da comunidade, destinados a gerar a permanência das famílias na nova comunidade. A comunidade tem um centro de saúde, escola, centro comunitário, armazém, estradas, rede elétrica, além de uma fazenda da comunidade composta de 150 animais, cada casa tem espaço para a horta da família e uma horta comunitária.

As casas construídas tem 42 m², cada uma localizada em uma área de 1 ½ ha. A habitação inclui dois quartos, uma cozinha, um chuveiro de pé, uma lavanderia e uma galeria tipo *Culata Yovai*, sendo considerada, de acordo com a cultura indígena e as condições da região. Os materiais usados foram tijolos cerâmicos, piso em cerâmica, tetos de chapa galvanizada sobre estrutura de madeira. A cozinha tem um fogão para cozinhar alimentos, protegido dos animais. A propriedade também inclui um sistema de calhas para recolher a água da chuva em um poço e uma latrina. (ABC COLOR, 2010; HÁBITAT PARA LA HUMANIDAD, 2012) (Figuras 3.30 – 3.35)



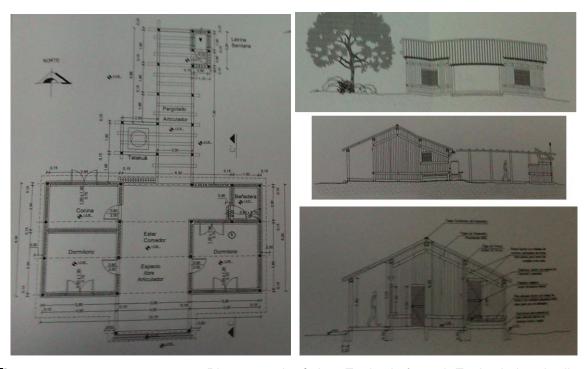


Figuras 3.30, 3.31, 3.32, 3.33, 3.34, 3.35 – Vista do conjunto de habitações; Vista frontal; Latrina separada da habitação; Planta arquitetônica; Corte e Fachada. Fonte: ABC COLOR, 2010; SANCHEZ, 2011

Projeto P5 - Projeto de Otimização, Aplicação e Conservação na Construção de Habitações, com o uso do *Karanda'y* no Chaco Paraguaio. Puerto Pinasco. Pte. Hayes. Paraguai. 2011

Trabalho Final de Graduação do Arq. Daniel David Sánchez Arza da Faculdade de Arquitetura - Universidade Nacional de Asunción

Na Comunidade Ceibo do Chaco persiste uma arquitetura vernácula. A tipologia arquitetônica Culata Yovai é a adotada pelos moradores para suas casas, mas há, entre outros, problemas de má saúde e deterioração das construções, causados pela má aplicação do reboco na superfície, ou seja, a falta de conhecimento da técnica. Razão pela qual, é a de não alterar os materiais utilizados, mas sim para melhorar a tecnologia e racionalizar o sistema construtivo "em seco". A proposta é focada na valorização do patrimônio cultural que caracteriza a mesma, especialmente no que diz respeito à tipologia de habitação, que organiza a comunidade, a Culata Yovai, continua-se a modulação dos espaços de acordo com as medidas (4m x 4m), e para a distribuição dos sanitários foram tomadas em conta as normas de saúde do Servicio Nacional de Saneamento - SENASA. (Figuras 3.36 - 3.39) São utilizados os recursos naturais da área, como madeira de karanda'y, seja serrada ou em rolo, bem como a capacidade da mão de obra do lugar, utilizando o método tradicional de construção e o sistema de ajuda mútua, que fazem possível a concepção e realização desta expressão arquitetônica específica do lugar. (SANCHEZ, 2011)



Figuras 3.36, 3.37, 3.38, 3.39 – Planta arquitetônica; Fachada frontal; Fachada longitudinal; Corte transversal. Fonte: SANCHEZ, 2011

Projeto P6 - Projeto Oga'i. Caaguazu. Paraguai. 2013-14

Financiado pela Senavitat e com a assistência técnica de CEDES – Centro de Desarrollo, Hábitat y Medio Ambiente, e da Faculdade de Arquitetura, Desenho e Artes da Universidade Nacional de Assunção.

Foram construídas 281 unidades de habitação para várias comunidades indígenas que participaram do processo de projeto. Cada habitação conta com um grande dormitório *koty guazu* que pode ser dividido em dois, cozinha *tataypy* com espaço para o fogão a lenha, espaço central multiuso *oga guy* aberto e coberto, e separados da habitação tem o banheiro seco para tratamento de lixo organico, cabina para asseio pessoal e pia de lavar. Estrutura de materiais pré-fabricados de concreto armado, que poupa agua no processo construtivo, paredes de tijolo, e teto de cobertura de palha sobre cobertura de chapa metálica. (Figuras 3.40 – 3.46) Incorpora a capacitação para os moradores em relação ao uso e mantimento correto das habitações e banheiros, além de programa de reflorestação de árvores nativos a cargo das famílias. (SENAVITAT, 2013)



Figuras 3.40, 3.41, 3.42, 3.43, 3.44, 3.45, 3.46 – Axonometria; Fachada posterior; Fachada frontal com espaço intermédio; Vista interior do dormitório com a cobertura e aberturas; Vista interior cozinha; Vista interior dormitório; Conjunto habitação e banheiro. Fonte: SENAVITAT, 2013

3.3 Apresentação de quadro comparativo e discussão sumária sobre os projetos descritos

Para estabelecer um esquema comparativo definimos em primeiro lugar quais são as características intrínsecas da tipologia vernácula *Culata Yovai*:

- Implantação num entorno rural ou suburbano
- Orientação
- Disposição "binuclear"
- Espaços multifuncionais
- Espaços abertos e semiabertos para sombras e ventilação
- Cozinha e banheiro separados da habitação
- Uso da vegetação circundante para produção de alimentos e condicionamento climático
- Materiais e técnicas construtivas do lugar.

Seguidamente fazemos uma tabela (Tabela 3.1), onde nas colunas colocamos as características antes mencionadas, e nas filas os projetos analisados onde os qualificamos segundo o grau de implementação das características com uma pontuação de 0, 1 e 2, correspondente a baixa, meia e alta respectivamente. Além disso, foi considerado se existem contribuições em cada projeto referentes a cada uma das características, colocando um sim ou não para cada caso. Foram consideradas contribuições importantes para cada característica original:

- Para implantação num entorno rural ou suburbano: O fato de inserir a tipologia num entorno urbano para assim reformular os bairros, melhorando a qualidade destas moradias, sua orientação e ventilação, atendendo as mudanças que se estão produzindo na sociedade, imigração do campo para a cidade e incremento da marginalidade.

- Para orientação: A modificação do desenho das parcelas tradicionais dentro da quadra para aproveitar a orientação correta do sol e dos ventos.
- Para partido binuclear: A procura de saídas, tais como o uso de divisórias leves que regulam a continuidade espacial e visual, para que o espaço central siga sendo um espaço de reunião multiuso, mas adequado às necessidades de privacidade da vida num entorno urbano.
- Para espaços multifuncionais, abertos e semiabertos para sobras e ventilação: O conceito de "esclusas" que são divisórias móveis que permitem a flexibilidade espacial e os usos múltiplos, fechando um vão num ambiente, abre automaticamente ao que deixa.
- Para cozinha e banheiro separados da vivenda: A incorporação da cozinha e o banheiro dentro da habitação para sua adaptação ao estilo de vida moderno, com a capacitação aos moradores para o uso e mantimento.
- Para uso da vegetação circundante: A reflorestação com espécies nativas
- Para materiais e técnicas construtivas do lugar: A utilização de matérias e técnicas industriais na construção em entorno urbano, e a racionalização para uma otimização e melhor aproveitamento de materiais e técnicas tradicionais no ambiente rural.

Assim, percebemos que algumas destas características indicadas estão mais presentes:

- O partido binuclear
- Os espaços multifuncionais
- Os espaços abertos e semiabertos para sombras e ventilação

Em segundo lugar, em termos de ordem de importância e frequência estão:

- A implantação num entorno rural ou suburbano
- A orientação

- Os materiais e técnicas construtivas do lugar

Finalmente os menos presentes são:

- A cozinha e banheiro separados da habitação
- O uso da vegetação circundante para produção de alimentos e condicionamento climático

Tabela 3.1 – Comparação entre as características e os diferentes projetos. Fonte: Confecção própria

			CARACTERISTICAS							
PAIS	PROJETOS		Implantação num entorno rural ou suburbano	Orientação	Partido binuclear	Espaços multifuncionais	Espaços abertos e semiabertos para sombras e ventilação	Cozinha e banheiro separados da vivenda	Uso da vegetação circundante (produção e condicionamento climático)	Materiais e técnicas construtivas do lugar
Argentina	A1	Grau de implementação (0,1,2)	1	1	1	1	1	0	1	2
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	sim	não	sim	não	não	sim	não	sim
Argentina	A2	Grau de implementação (0,1,2)	2	2	1	1	1	1	0	1
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	não	não	não
Argentina	А3	Grau de implementação (0,1,2)	1	1	2	2	2	0	1	2
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	sim	não	sim	sim	sim	sim	não	sim
Argentina	Α4	Grau de implementação (0,1,2)	1	2	2	2	2	0	1	2
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	sim	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim
Paraguai	P1	Grau de implementação (0,1,2)	1	1	2	2	2	0	0	1
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	sim	não	não
Paraguai	P2	Grau de implementação (0,1,2)	2	1	2	2	2	0	0	1
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	sim	não	não
Paraguai	P3	Grau de implementação (0,1,2)	2	1	2	2	2	2	1	0
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	não	não	não
Paraguai	P4	Grau de implementação (0,1,2)	2	1	2	2	2	2	1	0
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	não	não	não
Paraguai	P5	Grau de implementação (0,1,2)	2	2	2	2	2	1	1	2
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	não	não	não	não	sim
Paraguai	P6	Grau de implementação (0,1,2)	1	2	2	2	2	2	2	1
		CONTRIBUIÇÕES (sim/não)	não	não	não	sim	não	sim	não	sim
		RESULTADOS	15	14	18	18	18	8	8	12

A maior utilização do partido *binuclear* com os espaços multifuncionais, abertos e semiabertos para sombras e ventilação é devida provavelmente a que são as características bioclimáticas e culturais mais relevantes, e a principal razão da escolha desta tipologia.

Quanto à implantação é destacável não só a presença no entorno rural, mas também, no suburbano.

O problema da orientação que deveria ser a qualidade mais importante a ter em conta para o bom desempenho bioclimático radica em sua inserção problemática no loteamento urbano

Relacionado aos materiais e técnicas construtivas do lugar, por um lado se associa as construções em madeira, cobertura de palha ou piaçava, e chão de terra batida com a infestação do barbeiro causante da doença do Chagas, que é endêmica nesta região, por outro lado, as melhorias no teto e o reboco das paredes são associadas com a não infestação. (ARROM, 2013)

Observa-se também que, quando são importados materiais e técnicas dos centros urbanos para o entorno rural se fomenta uma pratica não sustentável, e tem casos onde no intento de abaratar custos leva a eleição de materiais que não sempre são os mais apropriados, gerando desconforto extremo nos usuários.

A separação da cozinha e o banheiro da habitação implementa-se pouco devido ao choque com a realidade da vida moderna, onde já não se precisa dessa solução principalmente quando a proposta é suburbana, mas se mantem no entorno rural para povos indígenas.

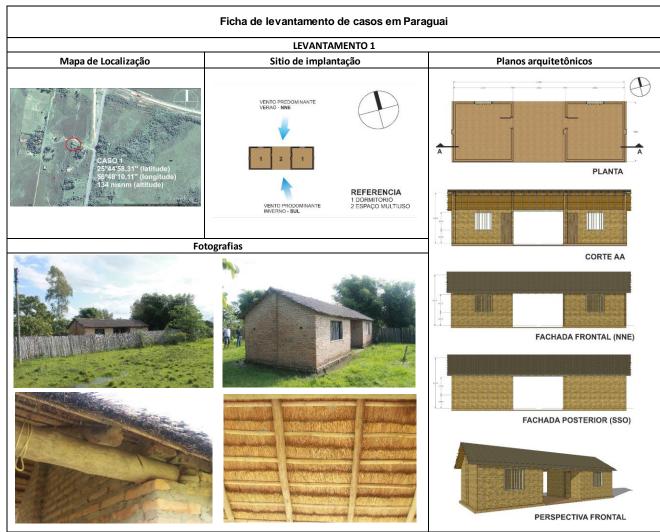
O uso da vegetação circundante para aclimatação é um dos aspectos mais negligenciado nos projetos, e seu papel na habitação produtiva é levado em conta só em algumas ocasiões no entorno rural.

As propostas mostram uma grande variedade de contribuições e adaptações importantes que demonstram a vitalidade desta arquitetura vernácula e a forte conexão com a sociedade da região ainda na atualidade. Algumas dessas características se adaptam com maior sucesso a nossa realidade atual e outras com maior dificuldade. Se percebe que entre os estudos de caso, os da Argentina tem maior intenção de inovação sobre os aspectos da integração urbana, funcionalidade, qualidade espacial e tecnologia implementada, um excelente exemplo é o projeto A4 "Casas del Cambio". No entanto, os casos do Paraguai são mais conservadores, ainda é usada principalmente a tipologia tradicional inalterada e com materiais tradicionais, sem muitas variações nas técnicas de construção, salvo uma exceção o

projeto P6 "Oga'i". Isto devido provavelmente a que no Paraguai os destinatários são principalmente povos indígenas em entorno rural.

CAPITULO 04: ESTUDO DE CAMPO

4.1. Fichas de levantamento dos casos em Paraguai



Características do sitio de implantação

A vivenda está inserida numa planície de pouca vegetação, mas nas imediações da vivenda tem um aumento da vegetação

Orientação

A vivenda está orientada intencionalmente aos ventos predominantes do NNE

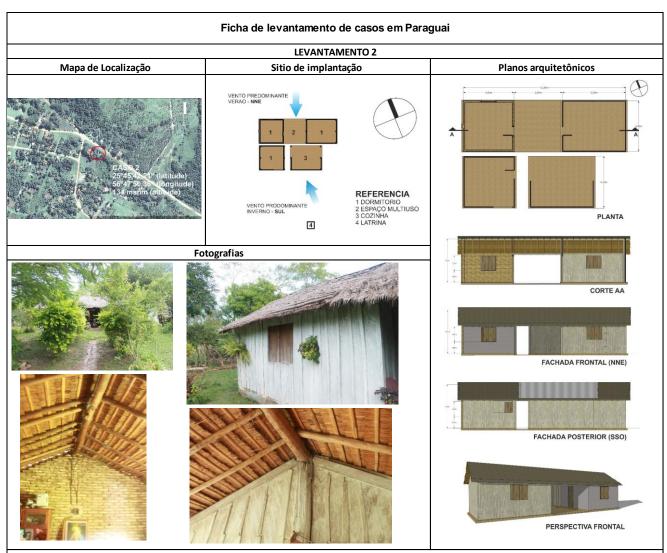
Organização funcional

Na vivenda moram duas pessoas. Conta com dois dormitórios e um espaço central multiuso, são utilizados o banheiro e a cozinha da casa dos pais que fica no mesmo terreno

Materiais e sistema construtivo

Os muros são de tijolo comum cerâmico e suportam a estrutura de madeira do teto feita com troncos de karanda'y (uma espécie de coqueiro) e uma trama de taquara, estes suportam a cobertura de palha. O piso é de terra compactada.

Observações



Características do sitio de implantação

A vivenda está inserida numa área rural de baixa densidade de povoação, com uma topografia plana e com vegetação de porte médio nas imediações

Orientação

A vivenda está orientada intencionalmente aos ventos predominantes do NNE

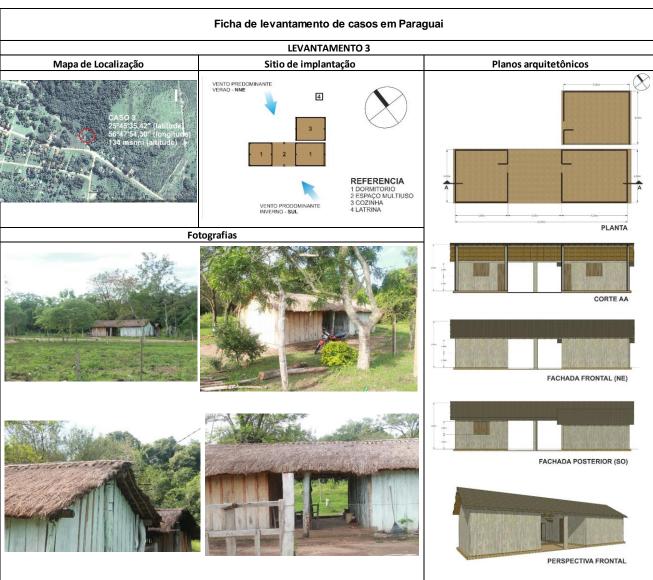
Organização funcional

Na vivenda moram três pessoas. Conta com três dormitórios, um espaço central multiuso, a cozinha fica numa construção adjacente do corpo principal da casa e a latrina fica separada no pátio.

Materiais e sistema construtivo

A casa possui um quarto onde três paredes estão feitas de tijolo comum cerâmico, e a quarta parede é feita de pau-a-pique, os demais quartos são de tabuas de madeira como simples cobertura, já que a estrutura que suporta o teto de palha é de troncos de madeira. Uma parte do teto é de chapa metálica. O piso é de terra batida.

Observações



Características do sitio de implantação

A vivenda está inserida numa área rural de baixa densidade de povoação, com uma topografia plana e com vegetação de porte médio nas imediações

Orientação

A vivenda está orientada aos ventos predominantes do NE

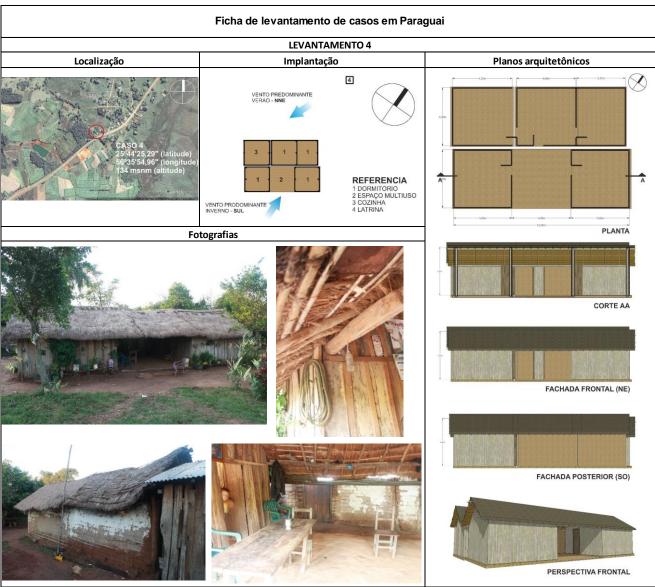
Organização funcional

Na vivenda moram duas pessoas. Conta com dois dormitórios, um espaço central multiuso, a cozinha fica numa construção adjacente do corpo principal da casa e a latrina fica separada no pátio.

Materiais e sistema construtivo

As paredes estão feitas de tabuas de madeira como simples cobertura, já que a estrutura que suporta o teto de palha é de troncos de madeira. O piso é de terra batida.

Observações



Características do sitio de implantação

A vivenda está inserida numa área rural de baixa densidade de povoação, com uma topografia com elevações despreciáveis e com vegetação de **Orientação**

A vivenda está orientada aos ventos do SE

Organização funcional

Na vivenda moram seis pessoas. Conta com quatro dormitórios, um espaço central multiuso, a cozinha fica numa construção adjacente do corpo principal da casa e a latrina fica separada no pátio.

Materiais e sistema construtivo

As paredes estão feitas de tabuas de madeira como simples cobertura, já que a estrutura que suporta o teto de palha é de troncos de madeira. O piso é de terra batida.

Observações

A culata yovai foi construída como uma extensão da casa original, adjacente a antiga construção, onde o espaço central ficou sem circulação para ventilação natural. Isto põe em evidência que em alguns casos a utilização das formas vernáculas é só por tradição, sem a compreensão de uma boa orientação para a ventilação natural.

4.2. Observações pessoais

Tabela 4.1 – Resumo de considerações do ponto de vista e a percepção dos moradores por meio de conversas informais realizadas com o autor. Fonte: Confecção Pessoal

	Levantamento1	Levantamento2	Levantamento3	Levantamento4
O construtor	O pai de família, que é construtor, já fiz várias desse tipo, agora trabalha na construção em Buenos Aires	O construtor foi um pedreiro do povo	O pai de família com ajuda de outros povoadores	O pai de família com seu filho mais velho, mais não são construtores experientes
Data da construção	Faz 2 anos	Faz 15 anos	Não sabe, mais de 10 anos	Faz 2 anos
Quantas pessoas moram na casa	2 pessoas	3 pessoas	2 pessoas	6 pessoas
O Porquê da construção	O pai construtor acha que é importante conservar a tradição, que é algo nosso, de nossa cultura	O pedreiro fiz o que conhecia e sabia fazer	O pai fiz o que conhecia e sabia fazer	O pai construtor conhecia esse tipo de casa e tentou fazer uma igual
A escolha dos materiais	Os tijolos, por que sua filha que vai ser a moradora o queria assim, e o teto de palha, por que o pai acha que é mais fresco em verão	Foram se utilizando os materiais que tinham a sua disposição no momento	É o que tinham a sua disposição na zona	A madeira e a palha são fáceis de conseguir no lugar e a baixo custo
Conhecimento do nome: "Culata Yovai"	Não conhece por esse nome, mais sim por outro, mais não lembra	Conhece pela canção popular "Culata Yovai"	Não conhece	Conhece sim, o tipo de construção
Localização da cozinha e banheiro	Ficam separados da casa	Ficam separados da casa	Ficam separados da casa	Ficam separados da casa

Conforto no verão	É muito agradável em verão	É agradável em verão	É agradável	É agradável em verão e inverno, porque o teto de palha matem a temperatura estável no interior
Conforto no inverno	Não é tão agradável no inverno	É agradável no inverno	Não é tão agradável no inverno	É agradável no inverno
Orientação de acordo ao sol e os ventos	Está bem orientada. A parte mais longa da casa fica no eixo Leste- Oeste	Está bem orientada, a parte mais longa da casa fica no eixo Leste-Oeste, com pequena inclinação do espaço central ao Nordeste	Está bem orientada, a parte mais longa da casa fica no eixo Leste-Oeste, com pequena inclinação do espaço central ao Nordeste	Não está bem orientada
A orientação foi feita conscientemente?	Sim, para melhor ventilação	Acha que sim	Não sabe	Foi feita por que todos fazem assim, mas sem compreender que é para ventilação
Os moradores sempre viveram nessa casa?	Sempre	Sempre	Sempre	Sempre
Os moradores são da região?	Sim	Sim	Sim	Sim
Seus pais tem o mesmo tipo de casa?	Sim, mas foi transformada com os anos, e agora já é muito diferente	Sim	Sim	Sim
Seus filhos tem o mesmo tipo de casa?	Sim, mas querem transformar, não gostam do tipo de casa, querem uma casa moderna	Sim	Não tem filhos	Não ainda, mas no futuro vai ser assim também

Os moradores são de origem indígena? Ou tem tradições indígenas?	Não	Não	Não	Não
Que melhoraria ou cambiaria deste tipo de casa?	Que tenha teto de telhas, mais espaços com cozinha e banheiro incorporado, com espaços fechados, que seja uma casa moderna	Que o chão não seja de terra apisoada, reparar o teto de palha que pinga por quando chove, entre muitas outras reformas	Cambiaria o teto e as paredes por tijolo y telhas cerâmicas	Cambiaria o teto de palha por um de telhas e as paredes de madeira por uma de tijolos

4.3. Conclusões do trabalho de campo

Os casos de estudo estão localizados em uma zona com uma topografia caracterizada por planícies com algumas serras, a cobertura vegetal varia de rasteira em campo aberto a áreas de florestas não muito densas, este ambiente rural é muito silencioso apesar da cercania de rotas veiculares. Os terrenos são de grandes dimensões, sem divisórias muito marcadas entre um terreno e outro, geralmente com muita vegetação na proximidade das casas.

Em um mesmo terreno podem ser encontradas até duas casas pertencentes a membros da mesma família. A maioria das casas são "polinucleares", ou seja, são diversos ambientes construídos com diversas funções separados uns de outros e espalhados em todo o terreno familiar. A cozinha e o banheiro, tipo latrina, ficam separados da casa, principalmente pela ausência de instalações sanitárias. As casas contam com instalação elétrica

O espaço central aberto das casas é ventilado, sombreado e confortável, o cheiro da palha do teto é muito agradável. Os espaços fechados das culatas tinham todos aberturas só ao Norte, nunca para o Sul, pelas fortes chuvas com ventos, como resultado estes espaços não parecem ser bem iluminados ou ventilados. As casas levantadas não possuíam os painéis móveis de fechamento do espaço central no inverno, mas foi possível avistar alguns exemplos desde o caminho que sim cumpriam com esta condição.

Observou-se que são utilizados materiais em sua maioria disponíveis no lugar para as construções, tais com: madeira, troncos de *karanda'y*, a palha, o pau a pique, o tijolo e as telhas cerâmicas.

Os ambientes parecem oferecer um conforto aceitável para o período extenso de verão, mas nem tanto para o curto período de inverno na região. As habitações têm a orientação característica de acordo ao sol e aos ventos da *Culata Yovai*, estes princípios bioclimáticos não são levados em conta todas as vezes de forma consciente pelos construtores, é mais uma consequência de seguir a tradição.

Este tipo de habitação é encontrada em diferentes zonas rurais do Paraguai, mais frequentemente fora do Departamento Central, é possível observá-las a primeira vista das rotas que atravessam as zonas rurais dos departamentos de Paraguarí, Guairá, Caaguazú e Alto Paraná.

Nesses lugares tranquilos os habitantes, principalmente de rendas baixas e estilos de vida simples, ainda conservam a tradição construtiva sem muita influência de estilos mais atuais ou internacionais. A maioria destas pessoas sempre viveram numa mesma região, e fazem esse tipo de casa pela tradição construtiva que vai de geração a geração, de um construtor que transfere o seu conhecimento ao outro, até hoje. O fato de que existam casas vernáculas muito novas dá para constatar que a tradição ainda está muito viva na povoação

O nome *Culata Yovai*, é conhecido só por algumas pessoas, que geralmente tem alguma relação com a atividade construtiva.

Não é uma tradição ligada exclusivamente a cultura dos povos indígenas, é mais uma tradição do povo mestiço camponês, da mistura das culturas hispana e guarani que teve seu origem na época colonial.

Os materiais utilizados e as técnicas construtivas empregadas são muito precários, as dimensões e características dos espaços das casas estão limitados pela situação de pobreza de seus moradores. Mas mesmo com essa carência de recursos, eles são capazes de construir habitações que se adequam as necessidades do seu estilo de vida e satisfazem sua ideia de conforto.

Conforme ascendam econômica ou socialmente, sempre optarão por melhorar suas condições de vida e conforto. Existe uma intenção entre os moradores de trocar a tipologia tradicional por uma mais atual, pela influência de estilos urbanos e estrangeiros que vai crescendo à medida que a sociedade vai se globalizando e misturando. A meu ver existe na população examinada um preconceito latente com a tipologia e os materiais tradicionais, enquanto uma imagem de atraso cultural, e de pobreza de meios, ao idealizarem o progresso através do emprego de novas tipologias arquitetônicas e materiais não autóctones.

PARTE II

ANALISE BIOCLIMÁTICA DA TIPOLOGIA CULATA YOVAI

CAPITULO 05: METODOLOGIA

5.1. Desenvolvimento do processo metodológico adotado

É uma pesquisa com embasamento documental e que inclui um levantamento de campo e estudo de casos.

O trabalho se inicia pelo estudo das referências bibliográficas e pela pesquisa de campo, para levantar as características arquitetônicas e construtivas da tipologia, sua implantação e compatibilidade com as condições climáticas e culturais. Foram realizadas observações pessoais levando em conta o ponto de vista e a percepção dos moradores baseando-se em conversações mantidas com eles.

A seguir foi realizada a identificação geográfica do sítio de implantação, levantamento e análise da insolação, rugosidades de vegetação e solo, e dados meteorológicos de ventos e temperaturas ambientes na proximidade do sitio. Se adota um sítio representativo dentre os levantados no trabalho de campo no Paraguai (Ver ficha de levantamento 1. Pag. 50)

Baseados na informação coletada se estabelecem dois estudos virtuais de caso com a mesma tipologia arquitetônica para ser analisados no mesmo sitio de implantação estabelecido anteriormente, e com a mesma orientação:

O Caso1, um modelo virtual genérico de habitação rural vernácula *Culata Yovai,* feito como uma sínteses das características morfológicas, espaciais e construtivas mais representativas vistas nos estudos de casos levantados no Paraguai. E assim evitar possíveis alterações nos resultados produto das particularidades e disparidades que apresentam os estudos de caso levantados se escolhemos um só dentre eles.

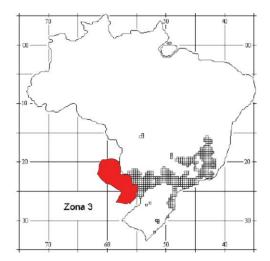
O Caso2, é uma releitura contemporânea da tipologia vernácula para habitação de interesse social, extraída do projeto "Casas del Cambio" (Ver página 36). Modelo aqui considerado como uma das melhores adaptações, embora não tenha sido projetado para esse sitio. É uma análise para se verificar a que nível caberia uma extrapolação para este novo local, e testar seu desempenho no sítio considerado, mas já sob uma futura estrutura suburbana (Figura 5.1).

Seguidamente procede-se a determinação do grau de adequação climática nos casos 1 e 2, colocando maior ênfases no conforto higrotérmico como resultado da boa orientação que favoreça a ventilação natural devido a que é a principal característica desta tipologia, com o subsidio de cálculos e simulações computacionais de ventilação natural nas edificações, complementando com analises para a penetração solar e luz natural nas duas estações extremas do ano.

Entretanto, ao ser o estudo de caso 2 relacionado com uma habitação de interesse social pensada para um conjunto inserto no meio suburbano, este leva a novos desafios, já que para alcançar o conforto ambiental no amplo sentido da palavra deve se incluir o conforto acústico, especialmente devido à poluição sonora cada vez mais presente nos centros urbanos, e que interfere no conforto e salubridade da população. Assim, a gestão das questões de ruído urbano em climas quentes e úmidos revela-se crucial para permitir que seja possível uma utilização da estratégia bioclimática da ventilação natural. Com o intuito de propor recomendações para gerenciar o conflito entre conforto acústico e ventilação natural no estudo de caso 2, se analisa a relação entre alternativas de arranjo das unidades na quadra e a configuração do ambiente sonoro.

Em continuidade, foi estabelecida uma confrontação das características arquitetônicas com as diretrizes construtivas da Zona Bioclimática 3 da norma NBR 15220 — ano 2003, para completar a avaliação do desempenho climático dos estudos de caso. São adotadas as normas brasileiras do sitio brasileiro mais próximo aos sítios de estudo em território paraguaio, devido as semelhanças das características climáticas da região com clima subtropical úmido (PEEL et al, 2007), e em razão de não haver normas específicas para bioclimatismo no Paraguai (Figura 5.2)





Figuras 5.1 – 5.2 – Localização dos Caso 1 e Caso 2 dentro da área com clima subtropical húmido; Zona bioclimática 3 em relação ao território paraguaio. Fonte: PEEL et al, 2007; Adaptação da NBR 15220 – ano 2003

Por conseguinte, o Zoneamento Bioclimático Brasileiro da Norma ABNT – NBR 15220 – ano 2003 de desempenho térmico de edificações foi adotado para a análise dos estudos de caso 1 e 2 devido ao conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas para habitação unifamiliar. E foi utilizada a respectiva carta bioclimática da cidade de Florianópolis, com suas estratégias de condicionamento térmico passivo, pela razão de que esta a representativa da Zona Bioclimática 3 segundo a norma.

Finalmente foram determinadas estratégias de projeto a serem aplicadas em novas releituras desta tipologia na habitação de interesse social da região. Através da realização de uma análise comparativa dos resultados obtidos para os dois estudos de caso, e determinando assim, que aspectos podem mudar ou melhorar para alcançar o conforto ambiental no amplo sentido da palavra, tentando conciliar desta forma os valores bioclimáticos sem afetar o valor simbólico-cultural da forma.

5.2. Estudos de caso

Localização: Paraguai, Departamento de Paraguarí, na localidade de Yvytymí, nas seguintes coordenadas: 25°44'58,31" (latitude), 56°48'10,11" (longitude), 134 msnm (altitude), Terreno com declividade insignificante e uma cobertura vegetal rasteira. (Figuras 5.3 – 5.4)





Figuras 5.3, 5.4 – Mapa de localização; Sitio de implantação. Fonte: GOOGLE EARTH

Utilizamos os dados climatológicos da *Dirección Nacional de Aeronáutica Civil del Paraguay* – *Dirección de Meteorología e Hidrología* – Estação de Coronel Oviedo, que é a mais próxima. As informações foram obtidas em planilhas eletrônicas com dados históricos desde 2005 até 2013. As planilhas foram exportadas para o programa WRPLOT View Freeware 7.0.0 para construção das rosas dos ventos. (Figura 5.5)

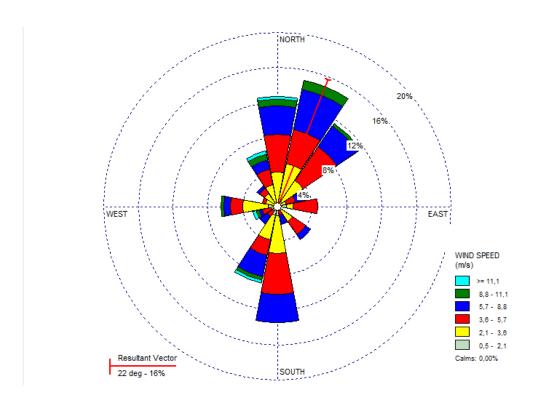


Figura 5.5 – Rosa dos ventos para o mês de janeiro. Fonte: WRPLOT View Freeware 7.0.0, 2014.

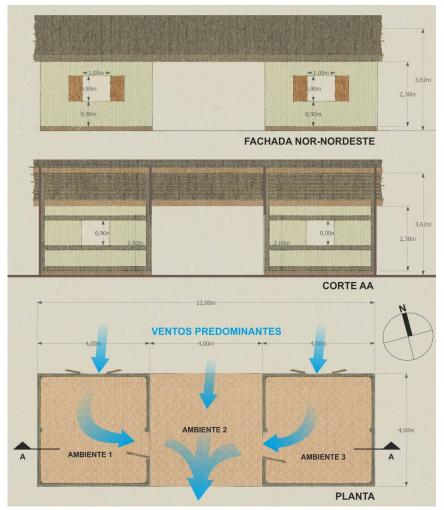
Janeiro é o mês mais quente, com uma temperatura média máxima de 33,3 °C O mês mais frio é Julho, com uma temperatura média mínima de 10,5 °C Os ventos predominantes na região no mês de Janeiro são NNE (22,5°), com velocidade média de 18,1 km/h = 5,03 m/s, e os ventos frios de chuva são do Sul (270°) com velocidade média de 23,6 km/h = 6,55 m/s

5.2.1. Estudo de Caso 1

Um modelo virtual genérico de habitação rural unifamiliar vernácula tipo *Culata Yovai*, baseado na pesquisa de campo no sitio de implantação. Esta conta com três espaços com a modulação característica de 4m x 4m em planta para cada espaço, a altura de apoio do teto na parede é 2,3m, e o teto de duas aguas com declividade de 60%. Os cômodos dos extremos (ambiente 1 e 3) são espaços multiuso preferentemente destinados a dormitórios coletivos, cada um deles possui uma janela na fachada NE de dimensões 0,9m x 1,00m e uma porta de acesso desde o espaço central, de 0,8m x 2,00m. O espaço central aberto também é de uso múltiplo, se destina em geral para as atividades diárias dos moradores. A cozinha e a latrina

são ambientes separados da habitação. O teto de palha é suportado por uma estrutura de pilares e vigas de madeira, onde as paredes feitas de tábuas de madeira são apenas uma cobertura que não suportam ao teto. As aberturas são também de madeira. (Figuras 5.6 – 5.7)





Figuras 5.6, 5.7 – Vista da fachada NNE; Fachada frontal, corte longitudinal, planta arquitetônica. Fonte: Confecção própria

5.2.2. Estudo de Caso 2

Uma releitura contemporânea da tipologia *Culata Yovai* para habitação unifamiliar de interesse social do projeto "*Casas del Cambio*" por ser considerada uma das melhores adaptações, embora não fosse projetado para esse sitio pode ser extrapolado e testado seu desempenho. Esta conta com 6 espaços com modulação de 3,45m x 3,45m, a altura de apoio do teto na parede é 2,80m, e a cobertura com duas águas e declividade de 15%. Os espaços extremos são destinados a dormitórios (ambiente1, 4 e 6), cozinha (ambiente2) e banheiro (no ambiente5). Os ambientes 1, 2, 4 e 6 possuem janelas de dimensões 1,2m x 0,8m. O ambiente 3 é o espaço central que serve de estar social e sala de jantar, é aberto ao exterior, mas pode ficar com as portas 4 e 5 fechadas ou abertas segundo a necessidade de ventilação, para nossos cálculos consideramos as portas sempre abertas. O teto é de fibrocimento, e as paredes são de tijolo furado rebocado e pintado de branco. (Figuras 5.8 – 5.11)

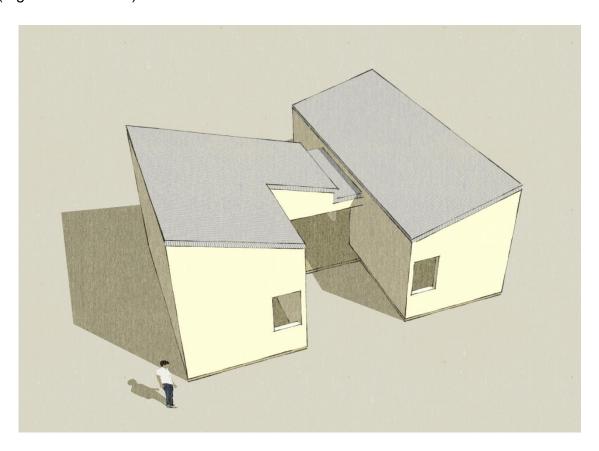
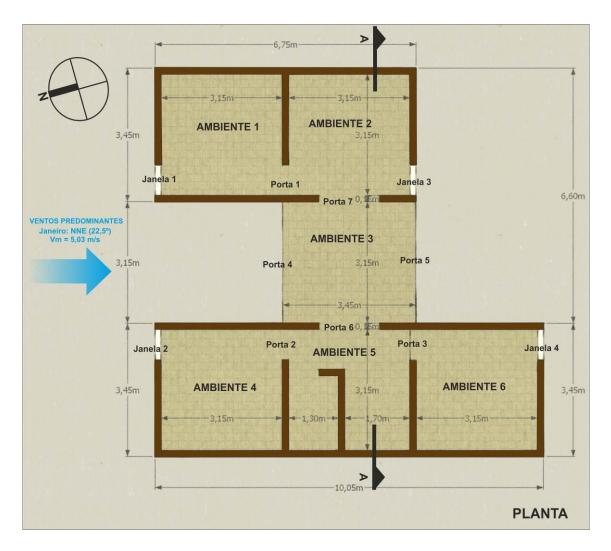
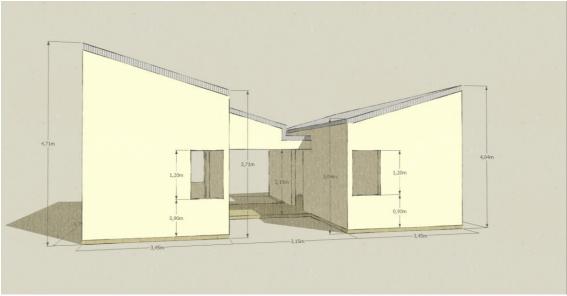


Figura 5.8 – Vista axonométrica. Fonte: Confecção própria





Figuras 5.9, 5.10 - Planta arquitetônica; Vista da fachada NNE. Fonte: Confecção própria



Figura 5.11 – Fachada frontal, Corte longitudinal, Fonte: Confecção própria

5.3. Processo de simulação computacional com o programa CFD para ventilação natural

O CFX é um programa de Dinâmica Computacional de Fluidos CFD (*Computational Fluid Dynamics*) baseado no método de volumes finitos, onde o domínio é discretizado em um conjunto de volumes de controle. Esse software permite análises qualitativas e quantitativas do comportamento do fluxo de ar em diversas escalas e condições de contorno.

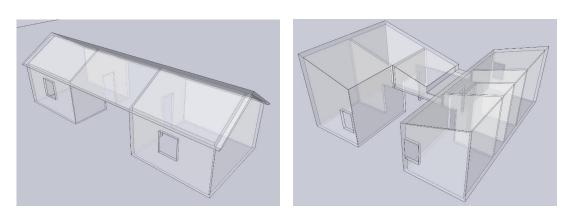
A escolha do CFX foi motivada pela disponibilidade de uma licença acadêmica no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROAR/FAU – UFRJ, e também pelo domínio dessa ferramenta no grupo de pesquisa: Projeto, Arquitetura e Sustentabilidade – GPAS.

O processo de simulação foi elaborado segundo as seguintes etapas:

5.3.1 Preparação das geometrias: edificações e domínio

Na fase inicial, foram modeladas as geometrias dos estudos de caso 1 e caso 2, com o uso do programa AutoCAD 2004 da Autodesk, para serem exportadas para a plataforma *Workbench*.

A construção da geometria do entorno, que é a mesma para os dois estudos de caso, foi baseada nas características da localização, um terreno rural, plano e sem prédios no entorno. Apenas a geometria da habitação analisada será modelada de forma mais detalhada, com representação das divisórias internas, das aberturas e das paredes que possuam comprimento mínimo de aresta de dez centímetros. (Figuras 5.12 – 5.13)



Figuras 5.12, 5.13 - Modelo caso 1; Modelo caso 2. Fonte: Confecção própria

Cabe esclarecer que a decisão de simplificar ou não a geometria deve estar pautada na sensibilidade, no bom senso do projetista e na estratégia de solução do problema, e não há uma regra a ser seguida. (LACERDA, 2014)

O domínio é o volume do espaço onde escoará o ar, e são definidos os limites de observação do fenômeno, nele pode ser simulado o escoamento de ar no espaço externo e interno simultaneamente. Enquanto, em simulações do escoamento do ar interno, o domínio pode ser o próprio vazio do espaço interno, assim a sua forma acompanha a geometria do ambiente.

Este domínio é representado por um paralelepípedo reto, que é indicado para estudos com vento unidirecional, já que só analisaremos para o vento predominante no mês mais quente. Este deve ser dimensionado de modo que a presença dos seus limites não influenciem os resultados da simulação. Se recomenda que as distâncias entre as extremidades da geometria e a entrada, as laterais e ao topo do domínio devem ser de cinco vezes a altura do prédio mais alto (H), enquanto a distância à saída do domínio deve ser de quinze vezes essa altura (Figuras 5.14 – 5.15). (LACERDA, 2014)

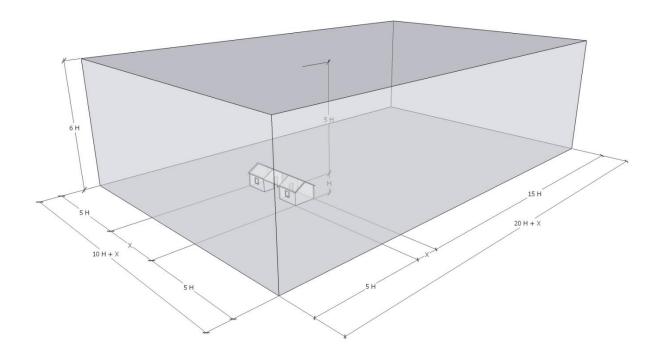


Figura 5.14 – Domínio para estudo de caso1. Fonte: Confecção própria

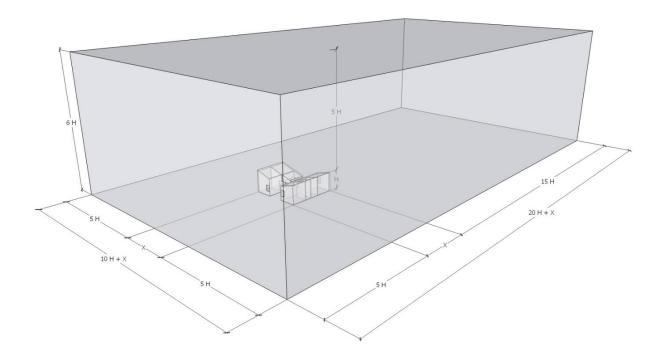


Figura 5.15 – Domínio para estudo de caso2. Fonte: Confecção própria

É importante destacar, que o domínio e as obstruções são volumes separados, por isso a geometria dos edifícios deve ser subtraída do domínio. Após esse procedimento o domínio foi exportado em formato de arquivo *Acis* para a plataforma de trabalho Workbench.

5.3.2 Geração da malha ou discretização do domínio

A geração da malha é considerada uma das etapas que mais consome tempo em analise CFD, devido à necessidade de fazer diversos ajustes e testes a obtenção de uma malha refinada. Erros de aproximação podem influenciar significativamente o resultado da simulação. (LACERDA, 2014)

Inicialmente importou-se a geometria criada no AutoCAD para o *Design Modeler* e após análise da qualidade dos elementos, o programa *Meshing* foi iniciado e o domínio carregado.

Por meio do comando *Named Selections*, o modelo foi dividido em quatro grupos conforme as condições de contorno que lhes serão aplicadas, e receberam as

seguintes nomenclaturas: *noslip* (a habitação e chão do domínio), *inlet* (entrada a barlavento), *outlet* (saída a sotavento), *freeslip* (laterais e topo do domínio).

A configuração da malha pelo método global foi feita levando em conta os parâmetros expostos na Tabela 4.1.

Tabela 5.1 – Parâmetros utilizados para configuração da malha. Fonte: Confecção Pessoal

Defaults:	
Physics Preference:	CFD
Solver Preference:	CFX
Relevance	0
Sizing:	
Use Advanced Size Function:	On: Proximity and Curvature
Relevance Center:	Fine
Initial Size Seed:	Active Assembly
Smoothing:	High
Transition:	Slow
Span Angle Center:	Fine
Curvature Normal Angle:	Default 18°
Proximity Accuracy:	0,5
Num Cells Across Gap:	Default 3
Min Size:	1,e - 003 (10 vezes menor da menor distância no gráfico = 1,e - 002)
Proximity Min Size:	1,e - 003 (10 vezes menor da menor distância no gráfico = 1,e - 002)
Max Face Size:	Default
Max Size:	Default
Growth Rate:	Default
Minimum Edge Legth:	1,e - 002

Com objetivo de representar a camada limite e o perfil de velocidade do fluido junto às superfícies de maior gradiente, foram utilizadas camadas de prismas por meio do recurso *Inflation*, e na opção *First Layer Thickness*, a altura da primeira camada de prismas foi calculada por meio da equação (1).

A qual usa o parâmetro y⁺, cujo valor deve estar adequado ao modelo de turbulência adotado. Cabe destacar, que esta fórmula é apenas uma estimativa logo o y⁺ deve ser confirmado no pós-processamento.

$$Y = (74)^{1/2} \cdot y^{+} \cdot D_{h} \cdot Re^{-13/14}$$
 (1)

Onde:

Y: Altura do primeiro elemento da camada de prismas [m]

Y+: Número adimensional dentro de um intervalo adequado ao modelo de turbulência

Dh: Dimensão da maior geometria no domínio [m]

Re: Número de Reynolds

O número de Reynolds pode ser calculado pela equação (2)

$$Re = (\rho . V . D_h)/\mu \tag{2}$$

Onde:

Re: Número de Reynolds

ρ: Massa específica do ar [kg/m³]

V: Velocidade do vento [m/s]

Dh: Dimensão da maior geometria no domínio [m]

μ: Viscosidade dinâmica [kg/m.s]

Nesta pesquisa adotou-se o modelo de turbulência k-£, que estabelece o valor do parâmetro adimensional y⁺ entre 30 e 300, A seguir no modelo foram inseridas camadas de prismas com altura do primeiro elemento de 0,01m, calculada de acordo com a equação (1) (Ver em ANEXO caso1 - cálculo 2 Pag. 122, e caso 2 – cálculo 2 Pag. 134). No entanto, resulto em uma malha de baixa qualidade. Em

sequência, com a mesma configuração de camada de prismas, tentou-se refinar a malha com o método local.

A qualidade de seus elementos (tetraedros, prismas, hexaedros) deve ser verificada. A função Mesh Metrics permite visualizar a qualidade da malha em relação aos parâmetros mais importantes para CFX: A razão de aspecto dos elementos prismáticos (*Aspect Ratio*), a qualidade ortogonal (*Orthogonal Quality*) e a assimetria (*Skewness*). (Tabela 5.2)

Tabela 5.2 – Valores indicadores da qualidade da malha. Fonte: LACERDA, 2014.

Skewness me	Skewness mesh metrics spectrum				
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00
Orthogonal (Quality mesh me	etrics spectrum			
Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

Após diversas tentativas de refinamentos, foram obtidos os seguintes valores indicadores da qualidade da malha: 217,64 (*Aspect Ratio*), 0,1824 (*Orthogonal Quality*), e 0,89 (*Skewness*). Assim todos os elementos presentes no domínio superam a qualidade mínima recomendada e a malha pode-se considerar refinada (Figuras 5.16 - 5.17).

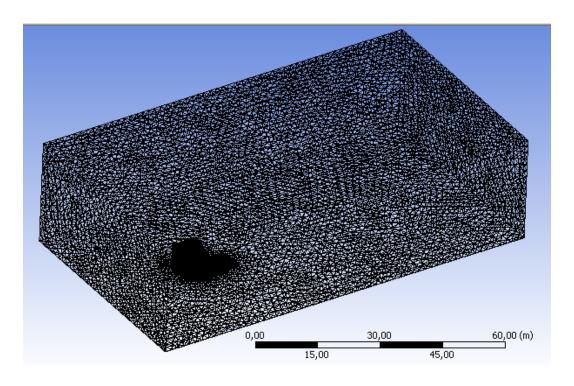


Figura 5.16 – Domínio com visualização da malha para caso2. Fonte: ANSYS Meshing. 2013

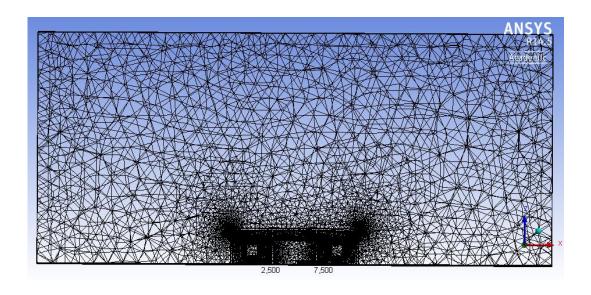


Figura 5.17 – Secção transversal do domínio para caso1. Fonte: ANSYS Meshing. 2013

5.3.3 CFX-Pre

Nesta etapa foram definidos os parâmetros físicos aplicados ao domínio e as fronteiras sólidas, as equações (*expressions*) utilizadas para o cálculo das variáveis

de interesse, os critérios de convergência e a localização dos pontos de monitoramento.

Para as características do domínio, estabeleceu-se Default domain

Nas fronteiras sólidas, são aplicadas limitações ao escoamento do fluido, conhecidas como condições de contorno, conforme tabela abaixo:

Tabela 5.3 – Configuração das Condições de Contorno no CFX-Pre. Fonte: Confecção pessoal.

Inlet			
	Inlat		
Boundary Type	Inlet		
Location	Inlet		
Boundary detail	Speed [m s^-1]		
Turbulence	Medium (Intensity = 5%)		
Outlet			
Boundary Type	Outlet		
Location	Outlet		
Averange static pression	Relative pression 0		
Noslip			
Boundary Type	Wall		
Location	Noslip		
Mass and Momentum	No Slip Wall		
Wall Roughness	Smooth Wall		
Freeslip			
Boundary Type	Wall		
Location	Freeslip		
Mass and Momentum	Free Slip wall		

Finalmente, no CFX é possível inserir expressões não contempladas no programa. Para a utilização da equação do perfil de velocidade logarítmico, foram inseridas as seguintes expressões da tabela:

Tabela 5.4 – Expressões com variáveis para cálculo do perfil de velocidade logarítmico. Fonte: Confecção pessoal.

speed = (vg)*(zref/zg)	^a
vg = 2 [m s^-1]	Velocidade conhecida, geralmente medida na estação meteorológica a uma altura de 10m
zg = 10 [m]	Altura onde é medida vg
zref = abs(z)	Abcissa Z
a = 0.20	De acordo às condições do terreno, segundo tabela para área com árvores baixas e espaçadas, meio rural, aeroportos, estações meteorológicas

5.3.4 CFX-Solver

Esse módulo produz os resultados da simulação de acordo com os parâmetros e dados inseridos no módulo CFX-Pre

5.3.5 CFX-Post

Este módulo permite a visualização dos resultados através de gráficos e planilhas (Figuras 5,18 – 5,30).

Caso1

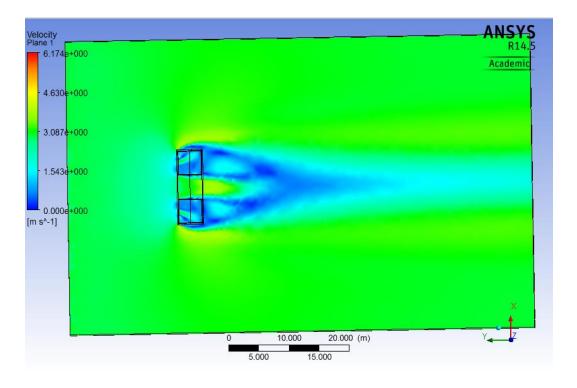


Figura 5.18 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, dentro do domínio para caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

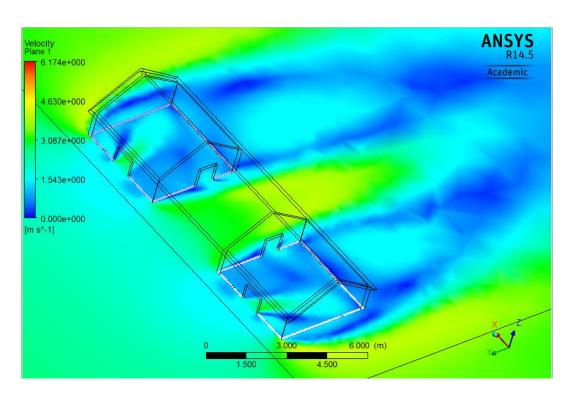


Figura 5.19 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, vista axonométrica para caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

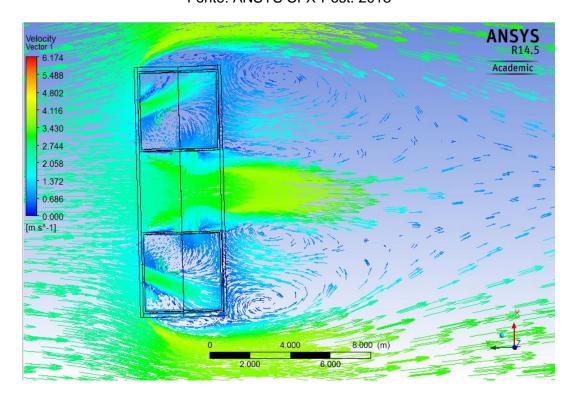


Figura 5.20 – Vectores de velocidade em plano a 1.20 do piso, Planta caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

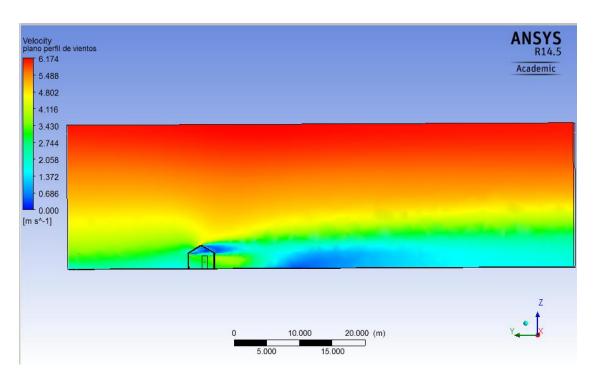


Figura 5.21 – Perfil de ventos, dentro do domínio para caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

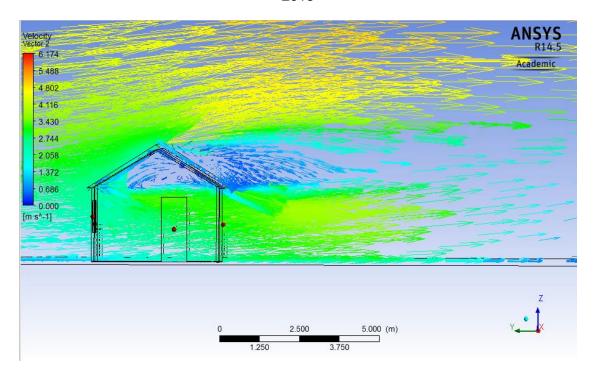


Figura 5.22 – Vectores de velocidade em plano de secção transversal para caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

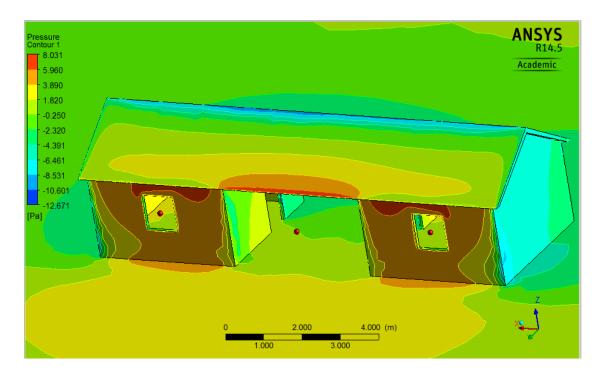


Figura 5.23 – Pressão em superfícies para o caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

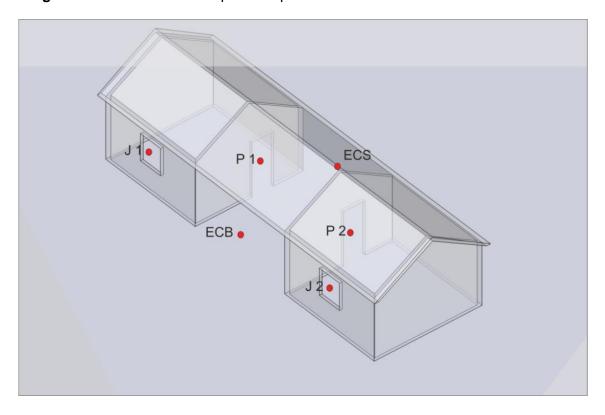


Figura 5.24 – Pontos de medição de pressão e velocidade para caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

Tabela 5.5 – Valores de pressão e velocidade nos pontos de medição para o caso1. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013.

Pontos de medição	Pressão	Velocidade
ponto espaço central barlavento	1.331e+00 [Pa]	2.575e+00 [m s^-1]
ponto espaço central sotavento	-2.390e+00 [Pa]	3.503e+00 [m s^-1]
ponto centro janela1	2.775e+00 [Pa]	2.170e+00 [m s^-1]
ponto centro janela2	2.761e+00 [Pa]	2.176e+00 [m s^-1]
ponto centro porta1	5.123e-02 [Pa]	1.250e+00 [m s^-1]
ponto centro porta2	1.458e-01 [Pa]	1.170e+00 [m s^-1]

Com estes dados é possível calcular a vazão para cada ambiente da habitação (Ver em ANEXO caso 1 - cálculo 3 Pag. 123). Os resultados são apresentados no apartado 5.5 na comparação dos resultados parciais.

Caso2

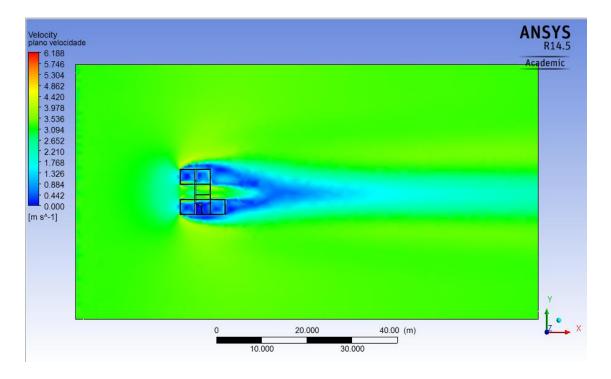


Figura 5.25 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, dentro do domínio para caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

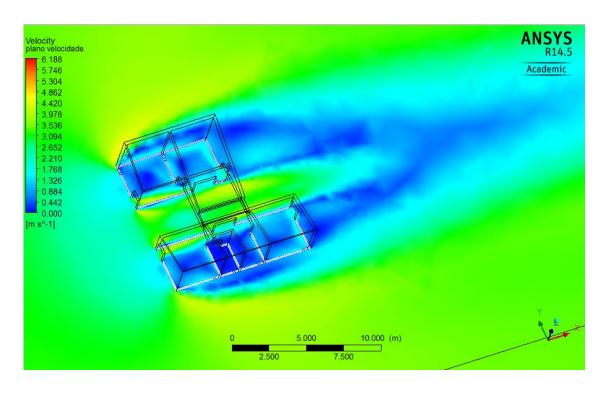


Figura 5.26 – Velocidade do vento em plano a 1.20 do piso, vista axonométrica para caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

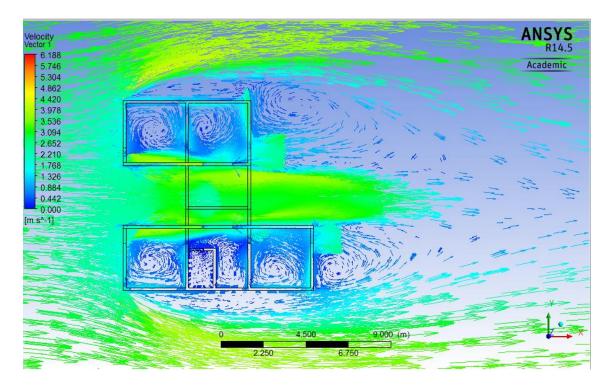


Figura 5.27 – Vectores de velocidade em plano a 1.20 do piso, Planta caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

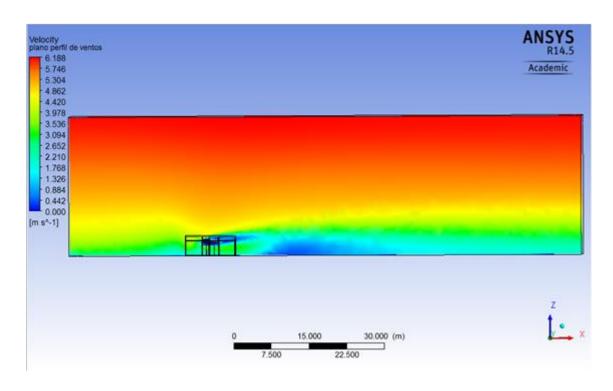


Figura 5.28 – Perfil de ventos, dentro do domínio para caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

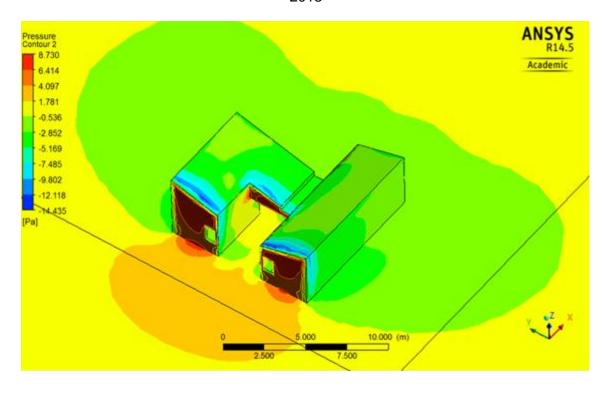


Figura 5.29 - Pressão em superfícies para o caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

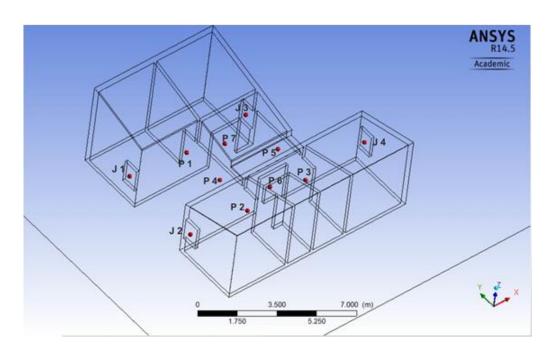


Figura 5.30 – Pontos de medição de pressão e velocidade para caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013

Tabela 5.6 – Valores de pressão e velocidade nos pontos de medição para o caso2. Fonte: ANSYS CFX-Post. 2013.

Pontos de medição	Pressão	Velocidade
janela1	2.473e+00 [Pa]	2.792e+00 [m s^-1]
janela2	2.299e+00 [Pa]	2.730e+00 [m s^-1]
janela3	-1.188e+00 [Pa]	1.541e+00 [m s^-1]
janela4	-6.264e-01 [Pa]	1.472e+00 [m s^-1]
porta1	-7.569e-01 [Pa]	2.104e+00 [m s^-1]
porta2	-2.867e-01 [Pa]	2.290e+00 [m s^-1]
porta3	6.383e-01 [Pa]	9.093e-01 [m s^-1]
porta4	-2.335e-02 [Pa]	2.480e+00 [m s^-1]
porta5	-2.126e+00 [Pa]	3.048e+00 [m s^-1]
porta6	2.451e-01 [Pa]	2.327e+00 [m s^-1]
porta7	-9.627e-02 [Pa]	2.260e+00 [m s^-1]

Com estes dados é possível calcular a vazão para cada ambiente da habitação (Ver em ANEXO caso 2 - cálculo 3 Pag. 135). Os resultados são apresentados no apartado 5.5 na comparação dos resultados parciais.

5.4. Determinação da vazão através do método CSTB e da vazão requerida pelo método das cargas térmicas

Este cálculo é feito só para o caso1 para corroborar e reforçar os resultados obtidos nas simulações. Primeiramente para o valor da velocidade incidente é aplicado o perfil de velocidade logarítmico (ALLARD et al, 1998) ao valor provido pela estação meteorológica. Utilizando a seguinte equação:

$$Vh = Vm. \Lambda(zo).ln(h/zo)$$
 (3)

Onde:

h = altura da casa

Vm = velocidade média provida pela estação meteorológica a 10 m de altura

zo = rugosidade do terreno *countryside*

Λ(zo): coeficiente country side and spread habitat

A seguir, foi realizada a determinação da vazão através do Método CSTB, como complemento para corroboração dos resultados das simulações, mas devido à complexidade dos estudos de caso, isto só foi possível para o Caso1 da habitação vernácula mais simples. (Ver Anexo: Caso 1 – Cálculo 4 pag. 124)

Para o cálculo do Método CSTB utilizamos os coeficientes de pressão nas superfícies da casa. A vazão Q (m³/s) no interior do espaço aberto central pode ser obtida a partir de conservação da massa e da diferença de pressão (P1 – P2):

$$Q = A1 \{2/\rho \cdot (P1-P2) / [(A1 / A2)^2 - 1]\}$$
 (4)

Onde:

P1–P2=
$$0.5 \rho (V1)^2[Cp1- (A1/A2)^2Cp2]$$
 (5)

A1, A2 = Superfície total e superfície aberta no espaço central (m²)

Cp1, Cp2 = coeficientes de pressão no espaço central aberto, de acordo com CSTB, (FAUCONNIER, 1988).

 ρ = massa específica do ar (kg/m³).

Confrontando as vazões obtidas por ambiente, para os dois estudos de caso, com as vazões obtidas a partir das cargas térmicas, é possível verificar se a vazão de ventilação natural destes ambientes pode estabelecer condições de conforto térmico para seus usuários no mês mais quente do ano. Para esse fim, a irradiação solar no envelope é obtida por meio de simulações com o software RADLITE, (CASTRO et al, 2002). (Ver Anexo: Caso 1 – Cálculo 6 pag. 143, e Caso 2 – Cálculo 4 pag. 138)

Para finalizar estimou-se a qualidade do ar na habitação no inverno, só para o Caso1 da habitação vernácula, determinando a vazão por infiltração nos quartos fechados e comparando com a vazão eficaz mínima estabelecida pela norma NBR 6401, para evitar a concentração de fumaça ou gases nocivos. (Ver Anexo: Caso 1 – Cálculo 7 pag. 132)

5.5. Comparação dos resultados parciais

Caso1

Tabela 5.7 – Comparação dos resultados obtidos para o caso1. Fonte: Confecção pessoal.

Ambientes	Vazão obtida com Cp`s do CSTB	Vazão obtida pela simulação em CFX	Vazão requerida para retirar o calor dos ambientes	Vazão eficaz	Vazão por infiltração no inverno
2 (espaço central)	8,74 ^{m³} /s	9,85 ^{m³} /s	0,19 m ³ /s	0,0276 ^{m³} /s	
1	2,18 ^{m³} /s	2,10 ^{m³} /s	0,32 m ³ /s	0,0198 ^{m³} /s	0,069 m ³ /s
3	2,18 ^{m³} /s	2,059 ^{m³} /s	0,33 m ³ /s	0,0198 ^{m³} /s	0,069 m ³ /s

Os valores das vazões por ventilação natural obtidos para os ambientes pelo método CSTB e as simulações em CFX revelam-se são da mesma ordem de grandeza. Estas vazões obtidas são superiores à vazão de ar necessária para retirar o calor dos ambientes, e ainda estão acima aos de vazão eficaz requeridas pela Norma NBR 6401 para uma taxa de renovação mínima exigida por ambiente.

No inverno a vazão por infiltração nos ambientes 1 e 3 (quartos extremos) para vento Sul, também é superior aos valores de vazão eficaz estabelecidos pela Norma NBR 6401 para uma taxa de renovação mínima exigida por ambiente.

Caso 2

Tabela 5.8 – Comparação dos resultados obtidos para o caso2. Fonte: Confecção pessoal.

	Vazão obtida pela	Vazão requerida para
Ambientes	simulação em	retirar o calor dos
	CFX	ambientes
3 (espaço	5,47 ^{m³} /s	0,23 m ³ /s
central)	5,47 ··· /S	0,23 111 /3
1	1,17 ^{<i>m</i>3} /s	0,22 m ³ /s
2	0,91 ^{m³} /s	0,31 m ³ /s
		01
4	1,05 ^{<i>m</i>3} /s	0,21 m ³ /s
5		0,18 m³/s
6	0,73 ^{m³} /s	0,22 m ³ /s

Os valores das vazões por ventilação natural obtidos para os ambientes pelas simulações em CFX são superiores à aquelas necessárias para retirar o calor dos ambientes.

5.6. Processo de simulação computacional em Radlite para iluminação natural

É feita uma avaliação das condiciones de iluminação natural utilizando os valores mínimos aceitáveis da norma NBR 5413 de Iluminação de interiores / especificação 1982. Os níveis de iluminação interior natural para os ambientes a analisar são obtidos para os meses de: dezembro e junho, por meio de simulações com o software RADLITE 2009, (CASTRO et al, 2002).

O nível de iluminação mínimo requerido é de 200 lux (para tarefas visuais simples com requisitos visuais limitados, segundo Tabela1 da norma brasileira NBR 5413)

Mês de Dezembro: Período mais longo de horas de sol de 6:58 h a 20:42 h (solstício de verão. Horas de sol: 13:08 h)

Mês de Junho: Período mais curto de horas de sol de 7:34 h a 18:07 h (solstício de inverno. Horas de sol: 10:32 h) (Figuras 5.31 – 5.32).

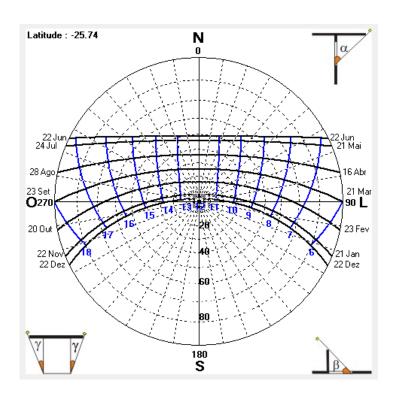


Figura 5.31 – Carta solar da localização do estudo de caso (25º 44' 58,31" de latitude sul). Fonte: Aplicação do programa Analysis SOL-AR (LABEEE, 2009)

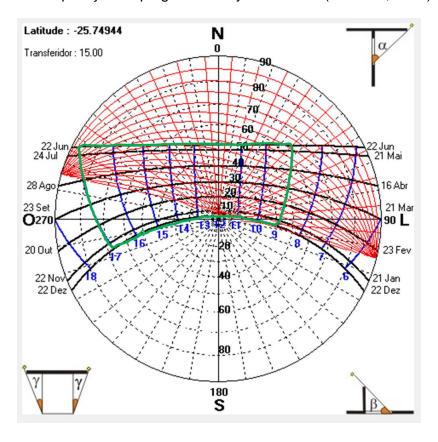


Figura 5.32 – Carta solar com transferidor para orientação do estudo de caso e o horário de uso em verde. Fonte: Aplicação do programa Analysis SOL-AR (LABEEE, 2009)

Caso 1 - Avaliação da iluminação natural dentro dos ambientes 1 e 3 considerando-os idênticos, para os meses de janeiro e julho

A avaliação é feita para os quartos situados nos dois extremos que são os mais desfavorecidos em quanto a iluminação (Figura 5.33). Embora, os espaços internos desta habitação vernácula muitas vezes são multiuso e não têm um horário de ocupação fixo durante o dia, consideramos para este caso a distribuição dos níveis de luz natural atingida para um área de trabalho localizada perto da janela dentro do horário de 9:00 h até 17:00 h. Levando em conta as dimensões e esquadrias das aberturas existentes.

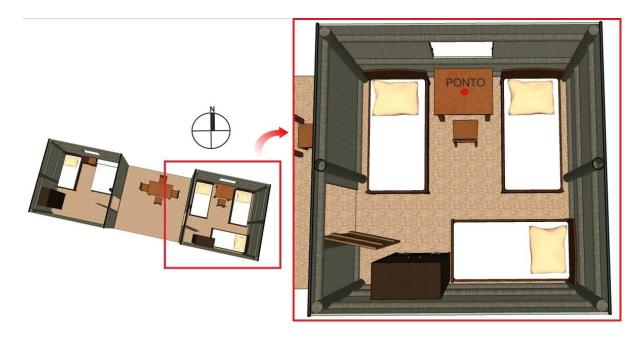


Figura 5.33 – Croquis do lay-out do quarto com a localização do ponto de medição para Caso 1. Fonte: Confecção pessoal.

Ponto de medição: a 0,60m de distância da janela, no centro da mesa que coincide com o centro da janela a 0,80m de altura do piso (altura da mesa)

Reflectancias por material, segundo norma brasileira NBR 5413:

Parede de madeira sem pintura: 70%

Piso de material cerâmico: 20%

Teto de palha: 50%



Figura 5.34 – Dados de entrada relativos às características físicas do estudo de caso 1. Fonte: RADLITE 2009.

Caso2 - Avaliação da iluminação natural dentro do ambiente 4, para o meses de dezembro e junho

Neste caso a avaliação também é feita para um dos quartos situados nos extremos que são os mais desfavorecidos em quanto a iluminação. (Figura 5.35) Consideramos o ambiente 4, supondo que é o dormitório dos filhos é precisam de um espaço para estudar com tranquilidade. Colocamos o escritório perto da janela e observamos a distribuição dos níveis de luz natural que atinge a área de trabalho dentro do horário de 9:00 h até 17:00 h. Levando em conta as dimensões e esquadrias das aberturas existentes.

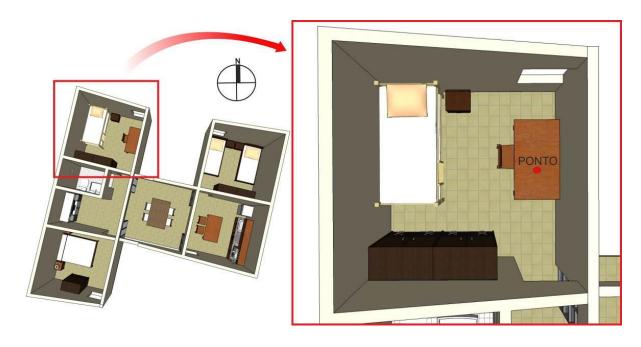


Figura 5.35 – Croquis do lay-out do quarto com a localização do ponto de medição para Caso 2. Fonte: Confecção pessoal.

Ponto de medição: a 1,30m de distância da janela, no centro da mesa que coincide com o centro da janela a 0,80m de altura do piso (altura da mesa)

Reflectancias por material (segundo norma brasileira NBR 5413):

Parede branca: 85%

Piso de material cerâmico: 20%

Forro do teto cor branca: 85%



Figura 5.36 – Dados de entrada relativos às características físicas do estudo de caso 2. Fonte: RADLITE 2009.

Resultados da simulação

Caso1

Em dezembro, o período onde é atingido o nível requerido de iluminação 200 lux é de 6:30h a 18:00h com céu claro, enquanto com céu meio é de 7:00h a 18:00h. (Figura 5.37) Em junho, o período onde é atingido o nível requerido de iluminação 200 lux é de 7:30h a 18:00h com céu claro, enquanto com céu meio é de 7:45h a 18:00h. Se produz ofuscamento de 9:00h a 14:00h. (Figura 5.38) Com céu coberto esses níveis não são atingidos em nenhum momento.

Podemos dizer que em dezembro e junho, no horário estabelecido não há ausência de iluminação natural na área de trabalho com céu claro ou médio, mas em junho há problemas de ofuscamento na maior parte do tempo. Poderia ser utilizado um beiral para reduzir o nível excessivo de iluminação.

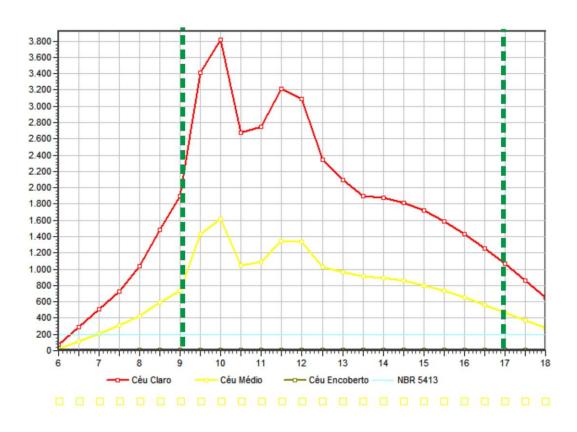


Figura 5.37 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de dezembro. Em cor verde o horário de uso para Caso 1. Fonte: RADLITE 2009.

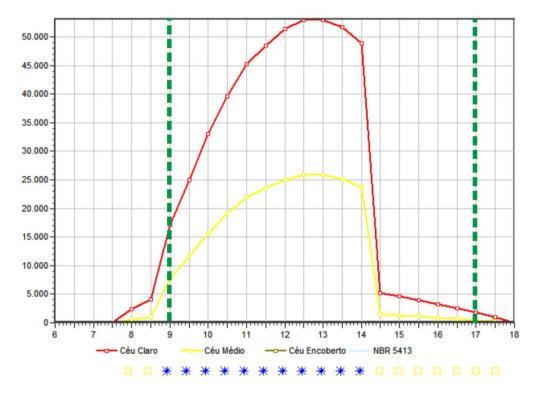


Figura 5.38 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de junho. Em cor verde o horário de uso para Caso 1. Fonte: RADLITE 2009.

Caso2

Em dezembro, o período onde é atingido o nível requerido de iluminação 200 lux é de 6:30h a 18:00h com céu claro, enquanto com céu meio é de 7:15h a 18:00h, e finalmente com céu coberto é de 11:30h a 13:45h. (Figura 5.39)

Em junho, o período onde é atingido o nível requerido de iluminação 200 lux é de 7:30h a 18:00h com céu claro, enquanto com céu meio é de 7:45h a 17:30h, e finalmente com céu coberto esses níveis não são atingidos. Se produz ofuscamento de 11:00h a 12:30h. (Figura 5.40)

Podemos dizer que em dezembro e junho, no horário estabelecido não existe problema de falta de iluminação natural na área de trabalho com céu claro ou médio, incluso coberto em algumas horas de dezembro, mas em junho há problemas de ofuscamento perto do meio dia. Pode ser utilizado um beiral para reduzir o nível excessivo de iluminação.

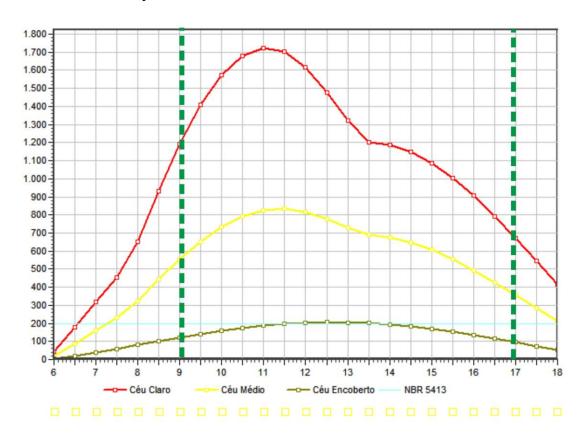


Figura 5.39 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de dezembro. Em cor verde o horário de uso para Caso 2. Fonte: RADLITE 2009.

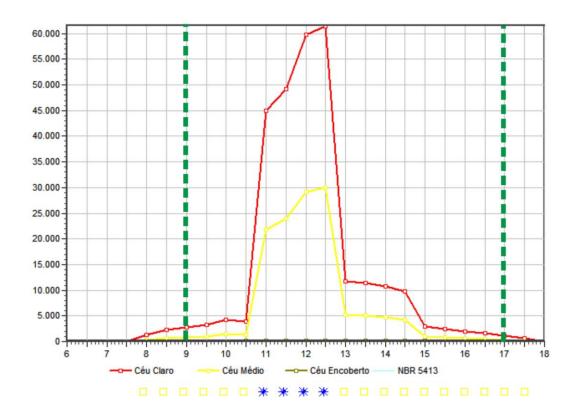


Figura 5.40 – Iluminamentos no ponto de referência ao longo do dia, em lux, para o mês de junho. Em cor verde o horário de uso para Caso 2. Fonte: RADLITE 2009.

5.7. Processo de simulação computacional em SoundPlan para conforto acústico

Como o som se propaga e penetra principalmente por qualquer caminho que não o modifique ou o obstrua, a utilização da ventilação natural torna o ambiente permeável ao ruído, especialmente por ventilação cruzada ou devido aos grandes vãos (AZEVEDO, 2007). A forma de implantação das edificações também interfere na propagação do som no lote e para o interior da edificação (NIEMEYER, 1998). Assim, principalmente em climas quentes e úmidos, tanto a tipologia arquitetônica como a implantação de um conjunto de edificações numa dada quadra devem ser examinadas com relação ao seu desempenho acústico e a sua relação com as estratégias bioclimáticas estabelecidas para o conforto higrotérmico.

O sitio geográfico considerado de característica rural, com casas bem afastadas e vias de acesso com pouca circulação, não apresenta ainda condições para a realização de estudos de impactos sonoros. Porém, a título de exercício, foi testado só o Estudo de Caso 2 (o futuro projeto de habitações "Casas del Cambio") com sua

implantação original, nas condições ambientais de contorno para as quais foi concebida, que justamente ao estar num entorno suburbano e com maior densidade de ocupação, nos permite estudar este problema. Pensa-se então, que o estudo de acústica poderá servir como uma metodologia de avaliação prospectiva com relação a forma de implantação de projeto para uma situação futura no sítio, caso venha aumentar a sua densidade populacional. Assim, pretende-se identificar a relação entre alternativas de arranjo das unidades na quadra e a configuração do ambiente sonoro, com a finalidade de propor recomendações para gerenciar o conflito entre conforto acústico e ventilação natural.

O Estudo de Caso 2 foi concebido para a cidade de Santa Fé, Argentina, será implantado numa área suburbana ao norte da cidade, nas proximidades da *Av. Aristóbulo del Valle*. Esta avenida apresenta constante congestão veicular, sem vistas de futuras melhorias (EL LITORAL.COM, 2011), podendo ocasionar um impacto acústico negativo sobre o futuro conjunto de habitações, que será localizado à uma proximidade de 100 metros (Figura 5.41).

Em cada unidade habitacional o espaço central multifuncional, tem a capacidade de tornar-se completamente aberto ou fechado de acordo com as necessidades dos moradores, aberto em verão e fechado em inverno (CARLI, 2011), Também existe uma permeabilidade aos ventos das divisas entre os lotes para favorecer a circulação do ar, e destacando que tem uma boa orientação com relação aos ventos do NE, predominantes na região. (Figura 5.42).



Figuras 5.41, 5.42 – Localização do sitio de implantação. Orientação das habitações para uma melhor circulação dos ventos predominantes através do espaço central aberto em verão. Fonte: Adaptado de Google. Confecção pessoal.

Como os proprietários têm a possibilidade de escolher entre várias ampliações futuras das habitações com diferentes variantes dentro do loteamento (Ver página 37), podem ser analisados os diferentes esquemas de ordenamentos dentro da quadra permitidos pelo projeto, e verificar qual dessas disposições resulta mais conveniente, de modo a estabelecer uma conciliação entre o conforto acústico e a ventilação natural. Inicialmente foi considerada uma implantação espontânea dentro da quadra, que é a mais provável de se concretizar devido ao fato de que cabe a cada família decidir sobre o esquema de organização preferido dentro do seu lote. A análise foi elaborada para dois momentos: o primeiro numa situação de verão, com o espaço central aberto recebendo ventilação natural e outra para o inverno, com o espaço central fechado. Em continuidade, no estudo considerou-se uma implantação em quadra fechada, com as casas formando uma envolvente perimetral e um espaço livre no centro do conjunto, com novas análises tanto para o verão como para o inverno. Em esta situação hipotética, foram consideradas, além da existente Av. Aristóbulo del Valle, novas ruas secundarias de ingresso aos loteamentos, devido a um possível aumento do tráfego ainda inexistente na região.

5.7.1 Avaliação sonora

Para a avaliação sonora, foi utilizado o mapa de ruído gerado, que se apresenta como uma informação visual do comportamento acústico de uma área geográfica, em um determinado momento. Dentre as várias finalidades do mapa, uma delas é a possibilidade de ser utilizado como auxílio para as decisões iniciais do processo de projeto, como a questão da implantação. As simulações permitem a geração de mapas de ruído, a criação de diferentes cenários futuros e prever o impacto de novas estruturas e atividades. Portanto, é o mapa acústico um importante instrumento de planejamento urbano para o estudo, diagnóstico e controle do ruído ambiental, (CORTÊS, 2013). Utilizou-se neste trabalho o software comercial SoundPLAN, desenvolvido pela empresa alemã Braunstein + Berndt GmbH, voltado para análises ambientais. O programa permite gerar mapas de ruído, avaliações de impactos acústicos e comparações entre cenários ambientais. Apresenta ferramentas para criação de modelos 3D, para importar e exportar dados, concordância com as principais normas internacionais de ruído em estradas, ferrovias, indústrias e aeronaves. Além disso, o software considera os principais

fatores de atenuação sonora ao ar livre, o que permite um estudo em diversas escalas de análises (BRAUNSTEIN, 2004). Para o estabelecimento do modelo a ser objeto de simulação, inicialmente foi delimitada a área de estudo, onde foi utilizada a cartografia do sítio de implantação com topografia, altura e volumetria das edificações existentes. Depois foram acrescentados os dados meteorológicos, definidas as normas e legislações acústicas, além dos parâmetros utilizados para a renderização (Tabela 5.8)

Tabela 5.9 – Parâmetros gerais de cálculo no programa SoundPlan para o estudo de caso 2. Fonte: Confecção pessoal.

-		
Tipo de mapa	Mapa acústico horizontal	
<u> </u>		
Tipo de simulação	Módulo gráfico Grid noise map	
Altura do mapa acima da cota do solo	1,20 m	
Espaçamento dos pontos da malha de simulação	3 m	
Número de reflexões	2	
Índice calculado	LAEq diurno	
Normas e legislações	RLS 90	
Dados climáticos	Temperatura do ar (26,3 °C - verão, 11,7 °C - inverno)	
	Umidade relativa (74% - verão, 85% - inverno)	
	Pressão atmosférica media 1006,4 mbar	

Para caracterização das fontes de ruído de trafego, os dados morfológicos (largura das vias, número de faixas, presença de canteiro central, distância entre fachadas, pavimentações) foram retirados da base cartográfica e do Google Earth. Por se tratar de uma análise teórica, a emissão sonora foi estimada a partir de dados da literatura (CERTU, 1980).

Resultados das simulações

A partir dos mapas gerados pelas simulações realizadas pode-se afirmar que o conjunto de habitações encontra-se bem protegido das principais fontes de ruído. Como a propagação do som é influenciada pela velocidade de escoamento do ar, o ruído proveniente da Av. *Aristóbulo del Valle* sofre uma atenuação por estar se propagando em sentido diferente ao do vento predominante NE. A esta situação vem se somar o fato da existência de construções no entorno de 1 a 3 andares, uma cobertura vegetal que produz o efeito da absorção do chão, e a distância entre a via e o conjunto de casas. (Figura 5.43)

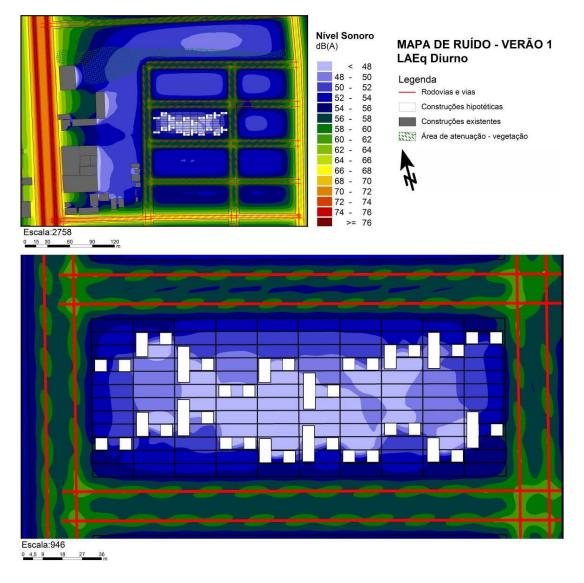


Figura 5.43 – Mapa de Ruído com implantação espontânea dentro da quadra e espaço central aberto para verão. Fonte: SoundPlan 2004.

Ao comparar os mapas de ruído das situações de verão e inverno para uma implantação espontânea das casas (Figuras 5.43 - 5.44), nota-se de uma forma geral que no verão, quando a parte central das casas fica aberta, tem um pequeno incremento dos níveis sonoros na região central da quadra. Este incremento é maior no lado direito da quadra, localizada exatamente na direção NE, a mesma dos ventos predominantes. Níveis sonoros menores abrangem uma maior área no interior da quadra para as duas situações.

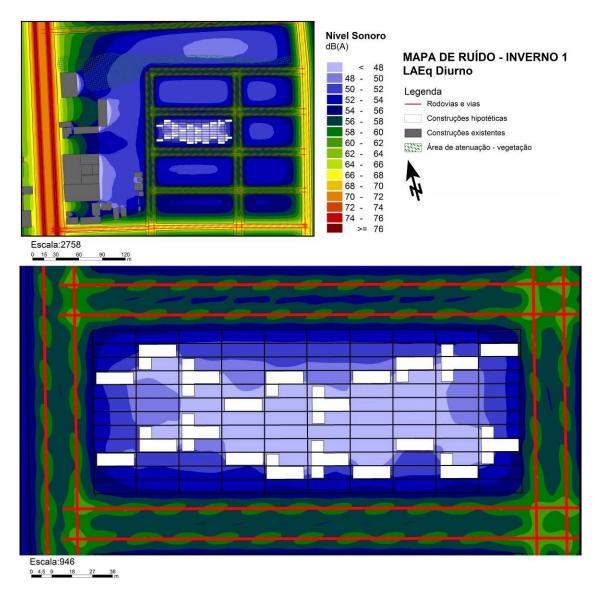


Figura 5.44 – Mapa de Ruído com implantação espontânea dentro da quadra e espaço central fechado para inverno. Fonte: SoundPlan 2004.

No caso de uma implantação do conjunto de casas em uma quadra fechada com edificações próximas às vias (Figuras 5.45 – 5.46) há um comportamento similar no anterior ao comparar as situações de verão e inverno. São constatadas pequenas áreas com níveis sonoros mais elevados no interior da quadra durante o verão, quando o ambiente central da habitação fica aberto para permitir a ventilação cruzada. Também, observa-se com esta implantação que durante o verão, as áreas com níveis sonoros maiores concentram-se nos extremos da quadra, provavelmente devido a uma maior separação entre as casas.

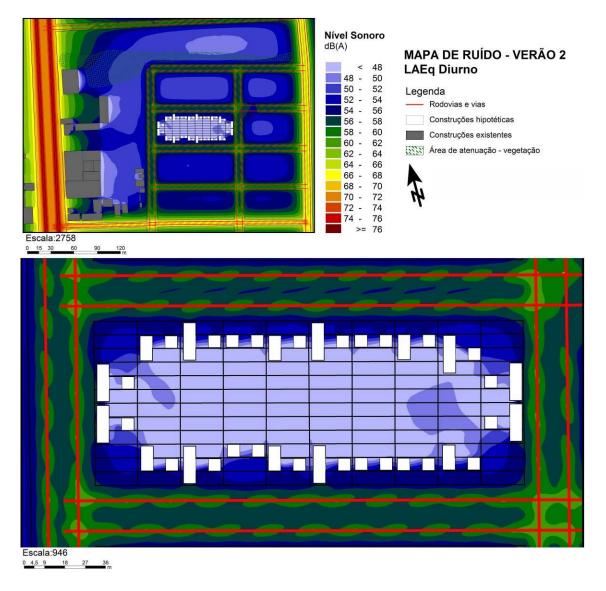


Figura 5.45 – Mapa de Ruído com implantação de quadra fechada com as casas formando uma envolvente perimetral e espaço central aberto para verão. Fonte: SoundPlan 2004.

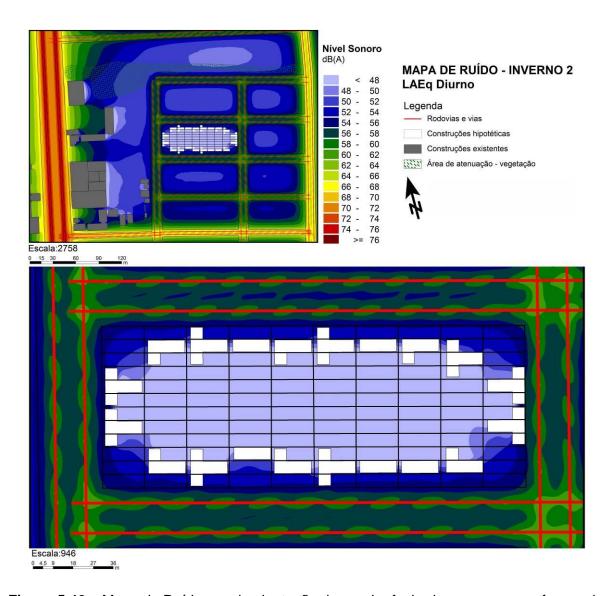


Figura 5.46 – Mapa de Ruído com implantação de quadra fechada com as casas formando uma envolvente perimetral e espaço central fechado para inverno. Fonte: SoundPlan 2004.

Portanto, constata-se que para os dois casos de implantação, não há muita diferença entre os níveis sonoros, quando o espaço central da habitação se encontrar aberto ou fechado para circulação dos ventos. Assim, na situação examinada poderá ser obtida uma conformidade entre as condições de conforto acústico e de conforto higrotérmico. A maior diferença deu-se pela mudança de posição das casas dentro da quadra. Na primeira implantação (Figuras 5.43 – 5.44), a maioria dos pátios está voltada para a rua, e há uma exposição destes ao ruído de tráfego. Enquanto que, na segunda implantação (Figuras 5.45 – 5.46) quando os pátios das casas estão voltados para o interior, estes ficam mais protegidos do ruído

externo. Ao considerar que os habitantes desta região gostam de ficar ao ar livre, em espaços abertos, por exemplo, embaixo de alguma sombra no quintal, essa implantação de quadra fechada é interessante por manter uma disposição que protege acusticamente estes espaços abertos. Mas, evidentemente todas as casas terão algumas fachadas e espaços centrais abertos prejudicados, atingidos por níveis sonoros mais elevados, devido à proximidade das vias. Como as vias ao redor da quadra não apresentam altos níveis de ruído, pela baixa densidade habitacional atual, isto não se constitui ainda um problema grave. Porém, também é necessário que se pense como seria no futuro, com o entorno mais denso e com tráfego pesado e ruidoso, para que mais adiante o desempenho acústico das casas não seja prejudicado.

Portanto, ao comparar as duas formas de implantação, a espontânea, que também é a mais provável de se concretizar pelas diferentes decisões dos proprietários, seria a mais recomendada, principalmente pela implantação das casas o mais distante possível das vias. Dessa forma, percebe-se que as atividades também devem ser classificadas e configuradas de acordo com a sensibilidade ao ruído, o que já coincide com a disposição funcional original para esta tipologia de habitação. Assim, o espaço central aberto durante o verão será sempre o ponto crítico em termos de ruídos, mas como é destinado à reunião familiar, onde os moradores desenvolvem diferentes atividades diárias como entretenimento, comer, fazer trabalhos variados e outros, não são atividades que serão prejudicadas pelo ruído externo. Entretanto, as atividades como estudar ou dormir serão mais bem executadas nos quartos fechados e mais protegidos das extremidades da casa.

CAPÍTULO 06: a Zona Bioclimática e o estudo de Caso

6.1. Verificação da adequação as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 das características encontradas no estudo de Caso1

De acordo com a carta bioclimática representativa para a Zona Bioclimática 3 é possível ver que os registros abarcam as seguintes zonas de conforto térmico, com suas respectivas estratégias de condicionamento térmico passivo (Figura 5.47)

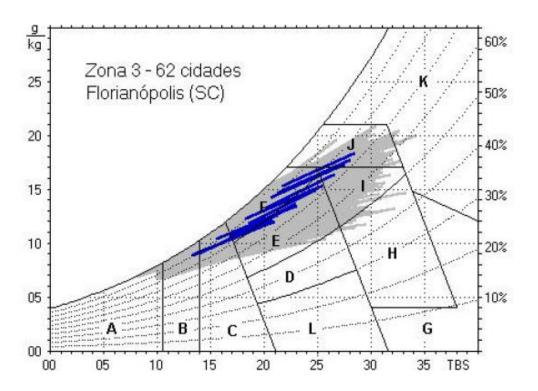


Figura 5.47 – Carta bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona bioclimática 3. Fonte: NBR 15220 – ano 2003.

Maior incidência em verão:

I e J – Zona de ventilação. A orientação do espaço aberto central, responde ao conhecimento empírico das condições climáticas, o espaço central fica orientado aos ventos dominantes da região na direção NNE. A ventilação cruzada é obtida nos ambientes 1 e 3, só quando a porta de acesso é mantida aberta, já que cada ambiente conta com uma só janela orientada à direção predominante dos ventos NNE, e as outras paredes não têm fenestrações como proteção os ventos fortes de chuva provindos do Sul. Com essas condições, segundo as simulações e cálculos do Capítulo 5, pode-se confirmar que a habitação alcança uma ventilação natural

adequada nos ambientes internos, tanto nos meses mais quentes como nos mais frios do ano.

Além disso, em caso de ampliação da habitação, é de costume colocar a nova construção idêntica à anterior adjacente a ela, de forma que o novo espaço central coincide com o antigo, deste modo se vai gerando um "canal central de ventilação", instrumento de considerável valor nos quentes verões do subtrópico.

F- Zona de desumidificação (renovação do ar). Esta estratégia é obtida através da renovação do ar interno através da ventilação dos ambientes Nos meses mais quentes, com alto percentual de umidade, onde o conforto térmico resulta de uma adequada proteção de sombras mais uma boa ventilação natural, o espaço central pode satisfazer às duas necessidades. Neste espaço central, a proteção aos ventos de chuva e ao frio invernal resulta muito simples com a colocação nas duas aberturas, no período de inverno, de anteparos verticais móveis. (HERREROS et al, 1984; CARLI, 1987).

Maior incidência em inverno:

C – Zona de massa térmica para aquecimento. As quedas bruscas de temperatura originadas pelos ventos do Sul, obrigam ao uso dos espaços fechados como as culatas ou quartos, onde pode se estabilizar a temperatura interna dependendo do material da evolvente. No estudo de caso é utilizada a madeira, mas no levantamento verificamos que também é comum a utilização do Pau a pique, que consiste em construir uma estrutura em tramas de taquaras, sobre as quais vai uma capa de barro de espessura variável, sendo este pouco sensível as variações de temperatura, vai proporcionar um ambiente confortável, irradiando calor no inverno segundo sua espessura. (GIURIA, 1950).

B - Zona de aquecimento solar da edificação.

A forma, a orientação e a implantação da edificação, estão pensadas mais para os períodos quentes que são mais prolongados que os frios, a orientação Norte – Sul é favorável a menor penetração solar no verão, ficando as fachadas Leste – Oeste protegendo o espaço central contra a radiação direta, portanto não contribui muito

para incrementar o aquecimento no período frio. A cor externa dos componentes é a dos materiais mesmos de construção, em poucos casos utilizam tintas, e se for o caso são claras, novamente pensando mais no período quente que o frio.

Menor incidência no verão:

H e I – Zona de massa térmica de refrigeração. A madeira com a espessura utilizada não pode cumprir essa função. Caso seja utilizado o pau a pique, conforme a espessura da capa de barro, se esta for maior pode estabilizar as variações de temperatura no interior.

K – Zona de refrigeração artificial. Os exemplos levantados não apresentam sistemas mecânicos de resfriamento artificial.

Menor incidência no inverno:

A – Zona de aquecimento artificial. Os exemplos levantados não apresentam sistemas mecânicos de aquecimento artificial (calefação).

Também devem ser atendidas as seguintes diretrizes:

Com relação as vedações externas em paredes e coberturas, os materiais de construção típicos são dos recursos naturais disponíveis do lugar, portanto, apresentam um comportamento adequado ante as exigências do clima e contribuem ao acondicionamento natural. Nos casos levantados achamos principalmente madeira, taquaras com barro nas paredes e palha ou piaçava no teto.

Aberturas para ventilação: médias (15% da área do piso < A < 25% da área do piso). A área da abertura do caso de estudo é de 0,9 m², abaixo de 2,4 m² (15% da área do piso), portanto seria recomendável um aumento das mesmas

Sombreamento das aberturas e permitir sol durante o inverno. Nos exemplos levantados, a habitação geralmente está implantada de acordo com a vegetação circundante, com a finalidade de relacionar os espaços sombreados exteriores com os criados pela própria habitação.

Para finalizar, as características encontradas no estudo de Caso 1 se adequam às principais estratégias para a Zona Bioclimática 3 como a ventilação, a desumidificação. Satisfazem em termos médios, a massa térmica para aquecimento, massa térmica de refrigeração, mas não se adequam as menos influentes tais como o aquecimento solar da edificação, refrigeração ou aquecimento artificial. Podemos concluir que o Caso1 adequa-se às características do seu entorno climático e ambiental.

6.2 Verificação da adequação as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 das características encontradas no estudo de Caso 2

Lembrando sempre que o Caso2, a habitação de interesse social do projeto "Casas del Cambio" não foi projetado para esse sitio mas que pode ser extrapolado e testado seu desempenho dado que está situado no mesmo clima subtropical húmido (Figura 5.1). Utilizamos a mesma carta bioclimática que apresenta as normais climatológicas de cidades da Zona bioclimática 3 (Figura 5.47)

Maior incidência em verão:

I e J – Zona de ventilação. O modelo binuclear de habitação inspirado na *Culata Yovai* tradicional permite a fácil adaptação dos ambientes, a possibilidade de várias modificações e ampliações futuras com diferentes variantes onde o espaço central multifuncional fica sempre com a possiblidade de orientação aos ventos dominantes da região na direção NNE. Como os demais quartos possuem só uma janela e uma porta, a ventilação cruzada é obtida só quando a porta de acesso é mantida aberta. Sob essas condições, segundo as simulações e cálculos do Capítulo 5, pode-se confirmar que a habitação alcança uma boa ventilação natural nos ambientes internos nos meses mais quentes.

F- Zona de desumidificação (renovação do ar). Estratégia obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes. O espaço central e a pérgula exterior podem proporcionar uma adequada proteção de sombras mais uma boa ventilação natural. No espaço central a proteção aos ventos de chuva e ao frio invernal resulta muito simples com os fechamentos móveis

chamados de eclusas ("exclusas") no projeto. (ARQUITECTURA CRÍTICA, 2011; CARLI, 2011)

Maior incidência em inverno:

C – Zona de massa térmica para aquecimento. As quedas bruscas de temperatura originadas pelos ventos do Sul, obrigam ao uso dos espaços fechados onde pode se estabilizar a temperatura interna dependendo do material da envolvente. Neste caso é utilizada a parede de tijolo furado e rebocado de 14 cm, mas devido aos ocos, não seria um bom transmissor do calor, portanto não contribui muito para favorecer o aquecimento no período frio.

B - Zona de aquecimento solar da edificação.

Considerando-se estritamente o caso 2, há ambientes adicionados nos extremos, com uma maior superfície de parede exposta ao Leste – Oeste, que recebe assim maior radiação direta. Mas, levando em conta que as paredes são de tijolo furado, que é bom para isolamento térmico no verão, isto somado a que o espaço central fica protegido contra a radiação direta, e a cor externa das paredes é clara, dá para supor que o projeto foi concebido mais para enfrentar o calor que o frio.

Menor incidência no verão:

H e I – Zona de massa térmica de refrigeração. É conhecida a propriedade de isolamento térmico no verão do tijolo furado, onde os ocos obstruem a transferência de calor que é bom para isolamento térmico no verão.

 K – Zona de refrigeração artificial. Os exemplos levantados não têm sistemas mecânicos de resfriamento artificial

Menor incidência no inverno:

A – Zona de aquecimento artificial. Os exemplos levantados não usam sistemas mecânicos de aquecimento artificial (calefação).

Também devem ser atendidas as seguintes diretrizes:

Com relação as vedações externas se recomenda que as paredes seja leve e refletoras o que coincide com o revestimento de reboco e pintura branca. Quanto às coberturas, se recomenda que seja leve e isolada, o que também coincide com o teto de chapa de fibrocimento e forro de material não especificado no projeto.

Aberturas para ventilação: medias (15% da área do piso < A < 25% da área do piso). A área da abertura para os quartos extremos é de 0,96 m², que é menor que 1,48 m² (15% da área do piso), portanto seria recomendável um aumento das mesmas

Sombreamento das aberturas e permitir sol durante o inverno: O espaço exterior fica estruturado em torno a uma pérgula longitudinal como espaço intermediário entre o exterior e o espaço central, pode permitir de acordo a espécie vegetal o sombreamento no verão e o passo da luz e calor no inverno.

Para finalizar, as características encontradas no estudo de Caso2 se adequam às principais estratégias para a Zona Bioclimática 3 como a ventilação, a desumidificação, e massa térmica de refrigeração, mas não se adequam às menos influentes tais como a massa térmica para aquecimento, o aquecimento solar da edificação, refrigeração ou aquecimento artificial. Podemos concluir que o Caso2 também adequa-se as características climáticas do seu entorno.

CONCLUSÕES

Resultados e Considerações finais

O estudo de campo:

Os exemplos levantados estão localizados em zonas rurais do Paraguai. A maioria das casas são "polinucleares", e contam com o espaço central aberto, ventilado e sombreado. Estas habitações têm a orientação característica de acordo ao sol e aos ventos da *Culata Yovai*, embora, estes princípios bioclimáticos não sejam levados em conta todas as vezes de forma consciente pelos construtores, sendo mais uma consequência de seguir a tradição construtiva que vai de geração a geração. Uma tradição do povo mestiço camponês, da mistura das culturas hispânica e guarani que teve seu origem na colônia.

Utilizam-se os materiais de construção disponíveis no lugar, e com essa carência de recursos, os moradores são capazes de construir habitações que se adequam às necessidades do seu estilo de vida e de conforto.

Mas conforme ascendam econômica e socialmente, optam por melhorar essas condições de vida e conforto. Há um preconceito crescente com a tipologia e os materiais tradicionais, como imagem de atraso cultural, e de pobreza de meios, pois há uma ideia de progresso representada pelas novas tipologias e materiais não autóctones.

A casa representa mais que a necessidade de ter um lugar confortável onde desenvolver uma parte de nossa vida, pudendo representar, por exemplo, um símbolo de status. A economia energética e o aproveitamento da energia solar não sempre respondem adequadamente ao modelo de status veiculado, como dispor de um custoso sistema de climatização para toda a casa. Apesar das esporádicas campanhas de conscientização, a publicidade esforça-se todos os dias em associar a economia com desconforto e baixo padrão de vida, e o consumo e desperdício com a boa vida e prestigio. E conseguem: muita gente tem a ideia de que economia é sinónimo de privação. Por isso é importante que os destinatários das habitações

não associem a tipologia vernácula a uma condição de pobreza e atraso, e sim a uma manifestação de identidade cultural, que pode se expressar em novas reinterpretações modernas e confortáveis

As simulações e cálculos demonstram que:

Para os estudos de caso, ao respeitar a orientação característica se atinge uma boa ventilação natural nos ambientes internos nos meses mais quentes.

Fica demonstrado que a implantação é uma das estratégias mais simples e importantes que pode ser tomada para proteger acusticamente os espaços habitáveis no interior das edificações e nos lotes. Portanto a circulação do ar através do espaço central destas habitações não é o principal motivo do aumento do nível sonoro e por essa razão a ventilação natural não deveria ser comprometida. Quanto mais distante a edificação for implantada das fontes de ruído, melhor será o seu desempenho. Assim, as decisões em relação ao conforto acústico e higrotérmico devem ser pensadas em conjunto.

Também podemos dizer que para os estudos de caso, são atingidos níveis de iluminação natural aceitáveis em áreas próximas da janela em horários de trabalho diurno, com céu claro ou médio, mas pode haver ofuscamento em alguns momentos. Pode ser utilizado um beiral para reduzir o nível excessivo de iluminação.

Finalmente, as características arquitetônicas encontradas nos estudos de caso se adequam à maioria das principais estratégias para a Zona Bioclimática 3.

Estes resultados servem para evidenciar que tanto a habitação vernácula como suas possíveis releituras para habitação de interesse social na periferia urbana podem alcançar um bom nível de conforto. Caso em que seja procurada uma adaptação climática, mas também para contemplar aspectos socioculturais dos futuros usuários que são oriundos do campo.

Diretrizes para uma releitura aplicada em habitação de interesse social

A tipologia pode ser aplicada sem problemas para habitação de interesse social em entornos rurais, mas também é possível sua inserção num entorno suburbano não muito densificado. Desta forma é possível reformular e melhorar a qualidade das moradias, sua orientação e ventilação, atendendo as mudanças que se estão produzindo na sociedade, como a imigração do campo para a cidade e o incremento da marginalidade. Seria recomendável se for possível a modificação do desenho das parcelas tradicionais dentro da quadra para aproveitar a orientação correta do sol e dos ventos. Devido à inserção problemática no loteamento urbano, para não prejudicar a orientação que deveria ser a qualidade mais importante a ter em conta para o bom desempenho bioclimático desta tipologia.

Em novas releituras desta tipologia para habitação de interesse social na região com a intensão de conciliar os valores bioclimáticos sem afetar o valor simbólico-cultural da forma é importante manter o esquema "binuclear" de composição, dos três corpos, com os extremos fechados e o central aberto, mas com a incorporação de divisórias leves e móveis que regulam a continuidade espacial e visual garantindo a ventilação natural, para que o espaço central siga sendo um espaço flexível de reunião multiuso, e ao mesmo tempo adequado às necessidades de privacidade da vida num entorno urbano.

Para a ventilação natural é importante manter a orientação característica do espaço central com relação aos ventos predominantes, e a colocação estratégica de novas aberturas nos quartos fechados para garantir uma ventilação cruzada o tempo todo.

Os níveis de ventilação e iluminação naturais podem ser melhorados nestes ambientes com o aumento das aberturas e a colocação nestas, de dispositivos flexíveis de controle dos ventos e da radiação solar de acordo as necessidades do verão e do inverno. O desenho flexível é importante neste clima.

Em alguns momentos do ano será necessário o uso de resfriamento artificial para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor, em outros o uso de

aquecimento artificial (calefação) para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.

É necessária a incorporação de instalações prediais para sua adaptação ao estilo de vida moderno, como a incorporação da cozinha e o banheiro dentro da casa de acordo as normas estabelecidas.

Os materiais e técnicas construtivas utilizados estão de acordo com as exigências climáticas da região, embora exista uma relação entre eles com a doença de Chagas, endêmica da região. Por essa ração é recomendável sua substituição com novos materiais e técnicas industriais na construção em entorno urbano, e a racionalização para uma otimização e melhor aproveitamento de materiais e técnicas tradicionais no ambiente rural. Mas deve-se garantir sempre ou melhorar as condições dadas pelo modelo vernáculo, porque há casos onde a intenção de baratear custos acarreta a eleição de materiais não apropriados, gerando desconfortos graves para os usuários.

Não esquecer o papel da vegetação circundante para aclimatação dos espaços

Contemplar futuras ampliações da habitação que não desvirtuem a leitura da tipologia tradicional e suas características bioclimáticas, favorecendo a incorporação de novos espaços sombreados e ventilados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro. 2003

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413. Iluminação de interiores.** Rio de Janeiro. 1982

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6401. Instalações centrais de ar-condicionado para conforto -Parâmetros básicos de projeto**. Rio de Janeiro. 1978

ALLARD, F. et al. **Natural ventilation in buildings.** London. Editor James&James. 1998

AMARAL, A. A hispanidade em São Paulo: da casa rural à Capela de Santo Antônio. São Paulo. Nobel Ed. Da Universidade de São Paulo. 1981

ARROM, C., et al. Comportamientos que favorecen la dinámica de reinfestación de Tripatoma infestans del Chaco paraguayo. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud, Vol. 11(2).* Asunción, p. 7 – 15, dez. 2013.

AZARA, F. Geografía física y esférica de las provincias del Paraguay y Misiones Guaraníes. Bibliografía, prologo y anotaciones por Rodolfo R. Schuller. Montevideo. De Anales del Museo Nacional de Montevideo. 1904. De um manuscrito da Biblioteca Nacional de Montevideo. 1790.

AZEVEDO, M. Compatibilização do conforto acústico com o conforto térmico no ambiente construído: Centro Integrado de Educação Pública. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2007.

BAGNERA, P. Arquitectura vernácula y vivienda social: encuentros y desencuentros en la configuración del hábitat en Argentina. In: Simposio Internacional. Arte y Patrimonio. ARQUITECTURA VERNÁCULA IBEROAMERICANA, 2., 2011, Lima, Perú. Disponível em: http://urp-instituto-patrimonio-cultural.blogspot.com.br/2011/09/arquitectura-vernacula.html. Acesso em: 12 mai. 2014

BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH. **Handbook user's manual**. SoundPlan LLC, 2004. Disponível em: < http://www.soundplan.com>. Acesso em 22 de abril de 2012.

______. Arquitectura bioclimática. **Revista ambientum.** Abril 2003. General. Disponível em: khttp://www.ambientum.com/revista/2003_04/arquitectura.htm. Acesso> em: 12 mai. 2014

- CALVO, L. M. Conformación de una arquitectura vernácula en la región del litoral fluvial argentino. In: Simposio Internacional. Arte y Patrimonio. ARQUITECTURA VERNÁCULA IBEROAMERICANA, 2., 2011, Lima, Perú. Disponível em: http://urp-instituto-patrimonio-cultural.blogspot.com.br/2011/09/arquitectura-vernacula.html. Acesso em: 12 mai. 2014
- CARLI, C. Casas del Cambio Escuela de los grandes espejos. **Arquitectura crítica**. 25 abr. 2011. Disponível em: http://www.arquitecturacritica.com.ar/2011/04/casas-de-cambio-escuela-de-los-grandes.html>. Acesso em: 12 mai. 2014
- CARLI, C. L. **La Arquitectura en la memoria.** Santa Fé. 1987. (Coleção Cuadernos de Extensión Universitaria N° 12)
- CARLI, C. L. 8º al sur del trópico de capricornio. Buenos Aires. Kliczkowski. 2003

Casa del cambio. Cesar Carli. Santa Fe. 29 abr. 2011. Disponível em: https://www.youtube.com/user/delosgrandesespejos. Acesso em: 12 mai. 2014

- CASTRO, E. B. P.; VIRGONE, J.; BASTOS, L. E. G. Étude Paramétrique du Comportement Énergétique et Lumineux d'un Bâtiment en Climat Tropical Humide. In : Proceedings of IBPSA France. 2002. Paris. CD-ROM, p.64-70.
- CERTU Centre d'Étudesdes des Transpostes Urbaines. **Guide du Bruit des Transportes Terrestres. Prevision des Niveaux Sonores**. França : Ministère de l'Èquipement et de L'ámenagementduTerritoire, 1980
- CÉSPEDES, R. L. Familias en Paraguay. **Análisis sociohistórico de estructuras familiares y pobreza**. Asunción. UNFPA/ADEPO edts. 2004
- CORTÊS, M. Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído: estudo de caso em Petrópolis, Natal/RN. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2013

Datos climáticos anuales. Arquinstal . La Plata. 2000. Disponível em: http://www.arquinstal.com.ar/atlas/datos/00anual.html >. Acesso em: 14 mai. 2014
De estas "casas" se jacta el Gobierno. ABC color . Asunción. 03 out. 2010. Articulos. Disponível em: http://www.abc.com.py/articulos/de-estas-casas-se-jacta-el-gobierno-167951.html . Acesso em: 12 mai. 2014
DOMÍNGUEZ, R. Nuestra gente / Ñande reko yma. Asunción. Editorial Servilibro. 2011. (Coleção Biblioteca de obras selectas de autores paraguayos N° 7)
DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações. Disponível em: http://www.agencia.fapesp.br/arquivos/artigo_dornelles_roriz.pdf >. Acesso em: 11 mai. 2014
Dos viviendas unifamiliares. Plataforma arquitectura . Santiago de Chile. 04 out. 2012. Obras. Disponível em: http://www.plataformaarquitectura.cl/2012/10/04/dos-viviendas-unifamiliares-bauen/ >. Acesso em: 12 mai. 2014
ESSS (Engineering Simulation and Scientific Software). Introdução à simulação Fluidodinâmica – Teoria de CFD e aplicações com NNSYS CFX. Material didático utilizado no treinamento de modelagem e análise fluidodinâmica. Rio de Janeiro, 2013.
Estadísticas de viento & tiempo Laguna Setubal/Santa Fe. Windfinder . Kiel. 2014. Disponível em: < http://es.windfinder.com/windstatistics/laguna_setubal_santa_fe>. Acesso em: 14 mai. 2014
FAUCONNIER, R. Énergétique des Bâtiments. Bilan d'air tenant compte de l'hulidité, des ouvrants et des infiltrations. Paris. ADEME. PYC Édition. 1988. p. 71-90
FORSTER, W.; HEAL, A.; PARADISE, C. The vernacular as a model for sustainable design. In: PLEA Conference on Passive and Low Energy Architecture, 23., 6-8 September 2006, Geneva, Switzerland

GIURIA, J. **Arquitectura en Paraguay.** Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 1950.

GROSS, J. M. **Dimensões da sustentabilidade.** Disponível em: http://www.santacruz.br/v4/download/revista-academica/13/cap5.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2015

GULINO, A. Matriz para la evaluación de tipologías de viviendas. Caso de estudio Barrio Resistencia – Chacarita. Trabajo Final de Grado. San Lorenzo. Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Arquitectura. 2003

HERREROS, A., et al. La *Culata Yovai*. Asunción. Centro paraguayo de estudios sociológicos. 1984

ICOMOS. Carta sobre o patrimônio construído vernáculo. 1999. On line. Disponível em: https://5cidade.files.wordpress.com/2008/03/carta-sobre-o-patrimonio-construido-vernaculo.pdf. Acesso em: 06 fev. 2015.

INGLEZ DE SOUZA, D. B. Reconstruindo Cajueiro Seco. Arquitetura, política e cultura popular em Pernambuco (1960-64). São Paulo. Annablume. 2010

______. Jueves 7 Noviembre a las 11 hs Inauguración de Oga'i en Santa Teresa – Dpto. Caaguazu. **SENAVITAT**. Asunción. 05 nov. 2013. FONAVIS. Disponível em: http://www.senavitat.gov.py/blog/2013/11/05/jueves-7-noviembre-a-las-11-hs-inauguracion-de-ogai-en-santa-teresa-dpto-caaguazu/. Acesso em: 17 mar. 2015

KONYA, A. **Diseño en climas cálidos. Manual práctico.** Primera edición española. Madrid. H. Blume Ediciones. 1981

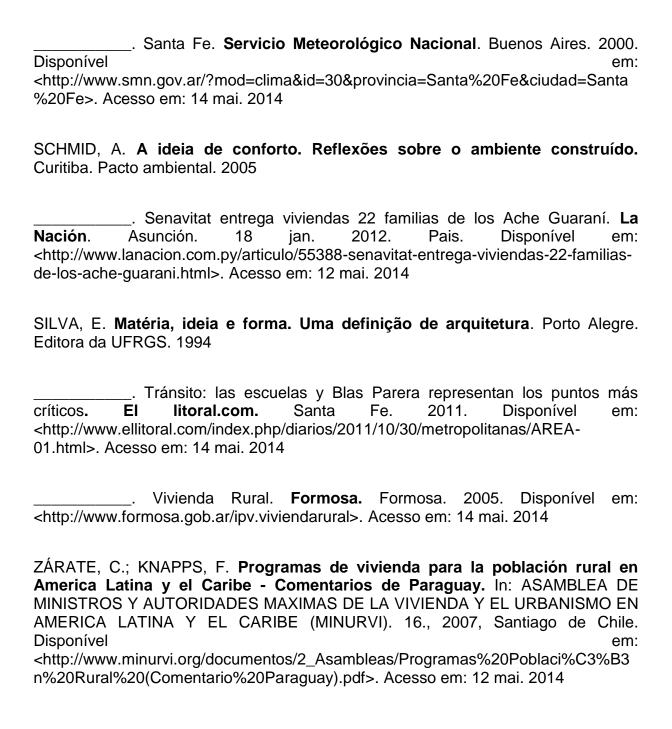
LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Solar**. Versão 6.2., 2009.

LACERDA, M. A. Ventilação natural e qualidade do ar em escritório carioca: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo. PW Editores. 1997

LAWSON B. **How designers think. The design process demystified.** Fourth Edition. Oxford. Architectural Press. 2005

- LEMOS, C. História da casa brasileira. São Paulo. Ed. Contexto. 1989
- MONTANER, J. M. Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX. 5° Edición. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, S.A. 2002
- MORRA, C. A. **Espacios intermedios.** 1ª. Edición. Asunción. Ediciones Arquitrabe. 2000. Versión digital. ISBN-99925-3-236-X
- NIEMEYER, M. **Ruído urbano e arquitetura em clima tropical úmido**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 1998.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. Disponível em: http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html. Acesso em: 11 mai. 2014
- ______. Presidente de la República inaugura viviendas en la comunidad indígena Paraiso. **Hábitat para la humanidad, Paraguay**. Asunción. 29 set. 2012. Noticias. Disponível em: http://www.habitat.org.py/noticias/presidente-de-la-rep%C3%BAblica-inaugura-viviendas-en-la-comunidad-ind%C3%ADgena-paraiso. Acesso em: 12 mai. 2014
- RAPOPORT, A. **House form and culture**. Milwaukee. University of Wisconsin. 1969. (Traducción al español: Vivienda y cultura. 1972)
- RENGGER, J. R. **Viaje al Paraguay en los años 1816 a 1826.** Traducción al castellano, prologado y comentado por Alfredo Tomasini y José Braunstein. Asunción. Ed. Tiempo de Historia. 2010.
- RIOS, S. Hábitat rural en el Paraguay, parte de uma cultura regional? In: CONGRESO INTERNACIONAL DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y EDIFICADO. 6., 2002, San Bernardino, Paraguay. Disponível em: http://issuu.com/cedes/docs/vi-congreso-cicop>. Acesso em: 12 mai. 2014
- SÁNCHEZ, D. D. Optimización, aplicación y mantenimiento en la construcción de viviendas, con el uso de karanda'y en el Chaco Paraguayo: caso Ex Obraje Ceibo, distrito de Puerto Pinasco, Pte. Hayes. Trabajo Final de Grado. San Lorenzo. Universidad Nacional de Asunción Facultad de Arquitectura. 2011



ANEXOS

CASO 1

O mês mais quente e Janeiro, com uma temperatura média máxima de 33,3 °C

O mês mais frio e Julho, com uma temperatura média mínima de 10,5 °C

Os ventos predominantes na região no mês de Janeiro são NNE (22,5°), com velocidade média de 18,1 Km/h = 5,03 m/s, e os ventos de frios de chuva são do Sul (270°) com velocidade média de 23,6 Km/h = 6,55 m/s

Horas de sol em janeiro: 13:08 h

Horas de sol em julho: 10:32 h

Diferencia horaria: -3 GMT (http://www.tutiempo.net/calendario-solar/)

Caso 1 - Cálculo 1

Desempenho térmico da habitação no verão

Cálculo da velocidade de incidência do vento sobre a habitação a 2,3m de altura utilizando o perfil de velocidade logarítmico

 $Vh = Vm. \Lambda(zo).ln(h/zo)$

zo: 0,25 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade do terreno (Allard 1998)

 Λ (zo): 0,21 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade (Allard 1998)

Vm: 5,03 m/s velocidade média do vento segundo estação meteorológica a 10m

 $Vh = 5,03 \text{ m/s } \times 0,21 \times \ln(2,3/0,25)$

Vh = 2.3 m/s

Para terrenos planos ou pouco acidentados o fator topográfico para correção do valor da velocidade é S1 = 1

 $Vh.S1 = 2.3 \times 1 = 2.3 \text{ m/s}$

Caso 1 - Cálculo 2

Cálculo da altura do primeiro elemento da camada de prismas em simulação em CFD

Para o Caso1 ($D_h = 12,65 \text{ m}$):

Re=
$$(\rho . V . D_h)/\mu$$

Re=
$$(1,165 [kg/m^3] . 5,03[m/s] . 12,65 [m]) / 1,7894.10^{-5} [kg/m.s]$$

Re= 4142617,63

Para y+=30

$$Y = (74)^{1/2} \cdot y^{+} \cdot D_{h} \cdot Re^{-13/14}$$

$$Y = (74)^{1/2} \cdot 30 \cdot 12,65 \cdot 4142617,63^{-13/14}$$

$$Y = 0,0023$$

Para y+=300

$$Y = (74)^{1/2} \cdot y^{+} \cdot D_{h} \cdot Re^{-13/14}$$

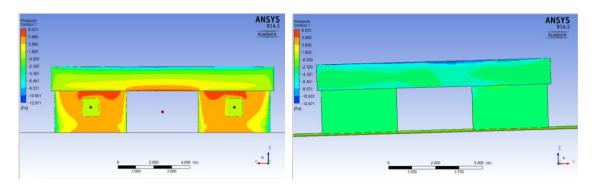
$$Y = (74)^{1/2} \cdot 300 \cdot 12,65 \cdot 4142617,63^{-13/14}$$

$$Y = 0.023$$

A altura do primeiro elemento da camada de prismas pode variar entre 0,023 e 0,0023, adotou-se 0.01

Caso 1 - Cálculo 3

CÁLCULO DA VAZÃO DENTRO DOS AMBIENTES ATRAVÉS DAS PRESSÕES NOS PONTOS DE ENTRADA E SAÍDA DETERMINADOS NA SIMULAÇÃO EM CFX



Pontos de medição	Pressão	Velocidade
ponto espaço central barlavento	1.331e+00 [Pa]	2.575e+00 [m s^-1]
ponto espaço central sotavento	-2.390e+00 [Pa]	3.503e+00 [m s^-1]
ponto centro janela1	2.775e+00 [Pa]	2.170e+00 [m s^-1]
ponto centro janela2	2.761e+00 [Pa]	2.176e+00 [m s^-1]
ponto centro porta1	5.123e-02 [Pa]	1.250e+00 [m s^-1]
ponto centro porta2	1.458e-01 [Pa]	1.170e+00 [m s^-1]

 $Q_n = \text{Cd .S} (2 \Delta P / \rho) \frac{1}{2}$

Ambiente 2 (espaço central)

 $Q_2 = 0.6 \times 6.5 [2 (1.331 - (-2.39)) /1.165]$

 $Q_2 = 9.85 \, m^3/s$

Ambientes 1 e 3

 $Q_1 = 0.6 \times 1.62 [2(2.775 - 0.05128)/1.165]$ \(\frac{1}{2}\)

 $Q_1 = 2,10 \, m^3/s$

 $Q_3 = 0.6 \times 1.62 [2(2.761 - 0.1458)/1.165]$ ½

 $Q_3 = 2,059 \, m^3/s$

Os valores são similares aos determinados através do método CSTB

Caso 1 - Cálculo 4

CÁLCULO COMPLEMENTAR DE DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ATRAVÉS DO MÉTODO: CSTB

Cálculo para o Ambiente 2 (espaço central)

Coeficientes de pressão CSTB:

$$x = 4 \text{ m}$$

$$y = 12 \text{ m}$$

$$z = 2.3 \text{ m}$$

Ver tabela com estes valores:

$$\frac{z}{x} = \frac{2.3}{4} = 0.58$$
 $\frac{y}{x} = \frac{12}{4} = 3$ $\alpha = 7.5^{\circ}$ (barlavento) $\alpha = 172.5^{\circ}$ (sotavento)

Resultado:

Na fachada a barlavento: **Cpb = Cp1 = 0,70** (é positiva)

Na fachada a sotavento: **Cps = Cp2 = -0,25** (é negativa)

A superfície "S" a ser considerada depende de em que parede fica a abertura. Para um ambiente com duas aberturas opostas (abertura do espaço central):

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S1^2} + \frac{1}{S2^2}$$

Neste caso S1 = S2

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S1^2} + \frac{1}{S2^2} = \frac{2}{S1^2} \rightarrow 2 \cdot S^2 = S1^2 \rightarrow 2 \cdot S^2 = (2,3x4)^2 \rightarrow \mathbf{S} = \mathbf{6,5}m^2$$

Cd = 0,6 (coeficiente de infiltração do ar na edificação, obtido por experimentos)

$$Q_2 = \text{Cd x S x Vh x } \sqrt{cp1 - cp2}$$

$$Q_2 = 0.6 \times 6.5 \times 2.3 \times \sqrt{0.7 - (-0.25)}$$

$$Q_2 = 8.74 \, m^3/s$$

Cálculo para os Ambientes 1 e 3

Consideramos os coeficientes de pressão Cp3 e Cp4 os mesmos que para a fachada a sotavento Cp2 = -0,25 (tabela de coeficientes de pressão para prédios baixos da ASHRAE). A superfície "S" a ser considerada será a mesma para os dois

ambientes (porta e janela com as mesmas dimensões e considerando que a porta está sempre aberta). Para um ambiente com duas aberturas em paredes laterais:

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S1^2} + \frac{1}{S2^2} = \frac{1}{(0.8x2)^2} + \frac{1}{(0.9x1)^2} =$$
S = 1,62 m^2

Cd = 0,6 (coeficiente de infiltração do ar na edificação, obtido por experimentos)

$$Q_1 = Q_3 = \operatorname{Cd} x \operatorname{S} x \operatorname{Vh} x \sqrt{cp1 - cp3}$$

$$Q_1 = Q_3 = 0.6 \times 1.62 \times 2.3 \times \sqrt{0.7 - (-0.25)}$$

$$Q_1 = Q_3 = 2,18 \ m^3/s$$

Estes valores devem ser comparados com os da Norma NBR 6401 para saber se não estão por baixo da taxa de renovação mínima exigida por ambiente

Caso 1 - Cálculo 5

VAZÃO EFICAZ: É A MÍNIMA SUFICIENTE PARA EVITAR A CONCENTRAÇÃO DE FUMAÇA OU GASES NOCIVOS, SEGUNDO A NORMA NBR 6401

$$Q_{ef} = P_2 \times F_p + A_z \times F_a$$

Onde:

 Q_{ef} é a vazão eficaz do ar exterior (I/s)

P₂ é o número máximo de pessoas na zona de ventilação

F_p é a vazão por pessoa (l/s * pessoa)

 A_z é a área útil ocupada pelas pessoas (m2). Corresponde com a área da habitação calculada

 F_a é a vazão por área útil ocupada (l/s * m2)

Segundo Tabela2 da Norma NBR 6401

Para dormitório coletivo e em Nivel1 (Ambientes 1 y 3):

$$F_p = 2.5 \text{ l/s * persona}$$

$$F_a = 0.3 \text{ l/s} * \text{m2}$$

$$Q_{ef} = P_2 \cdot F_p + A_z \cdot F_a$$

$$Q_{ef} = (6 \times 2.5) + (16 \times 0.3) = 19.8 \text{ l/s} = 0.0198 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para sala de estar e em Nivel1 (Ambiente 2):

$$F_p = 3.8 \text{ l/s} * \text{persona}$$

$$F_a = 0.3 \text{ l/s} * \text{m2}$$

$$Q_{ef} = P_2 \cdot F_p + A_z \cdot F_a$$

$$Q_{sf} = (6 \times 3.8) + (16 \times 0.3) = 27.6 \text{ l/s} = 0.0276 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caso 1 - Cálculo 6

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Utilizamos o software RadLite2009 para calcular a energia média incidente nas superfícies, onde utilizamos os seguintes parâmetros:

Mês de simulação: Janeiro (o mais quente)

Inclinação: 90° (paredes) / 30° (o mais próximo para o teto de pendente de 60%)

Orientação: N (165)

Estação: Outra localidade: (Latitude: -25° 44' – Longitude: 56° 48' – Altitude: 134 –

Fuso: -3)

Método: Dogniaux (clima tropical, ambiente rural)

Resultados:

Energia média total diária na fachada F1 = 1,966 kWh/m²

Energia média total diária na fachada F2 = 3,429 kWh/m²

Energia média total diária na fachada F3 = 2,858 kWh/m²

Energia média total diária na fachada F4 = 2,881 kWh/m²

Energia média total diária no teto T1 = 5,334 kWh/m²

Energia média total diária no teto T2 = 6,116 kWh/m²

Como se a insolação (I) fosse constante durante o dia:

I na fachada F1 = 1,966 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 149,7 W/m²

I na fachada F2 = 3,429 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 261,1 W/m²

I na fachada F3 = 2,858 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 217,6 W/m²

I na fachada F4 = 2,881 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 219,4 W/m²

I no teto T1 = 5,334 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 406,1 W/m²

I no teto T2 = 6,116 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 465,7 W/m²

Superfícies de paredes e tetos (sem considerar aberturas)

 $F1 = 9,22 \text{ m}^2$... foi separado em três para cada ambiente

 $F2 = 12,93 \text{ m}^2$

 $F3 = 9,22 \text{ m}^2$... foi separado em três para cada ambiente

 $F4 = 12,93 \text{ m}^2$

 $T1 = 11,81 \text{ m}^2$... foi separado em três para cada ambiente

 $T2 = 11,81 \text{ m}^2$... foi separado em três para cada ambiente

Carga atuante nas superfícies (IA)

IA em F1 = $9,22 \text{ m}^2 \text{ x } 149,7 \text{ W/m}^2 = 1380,2 \text{ W}$

IA em F2 = 12,93 m² x 261,1 W/m² = 3376,1 W

IA em F3 = $9,22 \text{ m}^2 \text{ x } 217,6 \text{ W/m}^2 = 2006,3 \text{ W}$

IA em F4 = $12,93 \text{ m}^2 \times 219,4 \text{ W/m}^2 = 2836,8 \text{ W}$

IA em T1 = 11,81 m^2 x 406,1 W/m^2 = 4797,4 W

IA em T2 = 11,81 m² x 465,7 W/m² = 5501,5 W

Cálculo da carga solar nas superfícies:

 $q = U \cdot \alpha \cdot Rse \cdot IA$

Absortância para radiação solar nas superfícies: (http://www.agencia.fapesp.br/arquivos/artigo_dornelles_roriz.pdf)

Tinta marrom clara: $\alpha = 0.61$

Palha: $\alpha = 0.45$

Transmitância para materiais:

(http://www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm?limpiar=limpiar)

Madeira: $U = 2,398 \text{ W/m}^2\text{K}$

Palha: $U = 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ (10cm de espessura)

Rse = $0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (horizontal e descendente)

F1: $q_1 = 2,398 \times 0,61 \times 0,04 \times 1380,2 = 80,76 \text{ W}$

F2: $q_2 = 2,398 \times 0,61 \times 0,04 \times 3376,1 = 197,54 \text{ W}$

F3:
$$q_3 = 2,398 \times 0,61 \times 0,04 \times 2006,3 = 117,39 \text{ W}$$

F4:
$$q_4 = 2,398 \times 0,61 \times 0,04 \times 2836,8 = 165,98 \text{ W}$$

T1:
$$q_{T1} = 0.85 \times 0.45 \times 0.04 \times 4797.4 = 73.4 \text{ W}$$

T2:
$$q_{T2} = 0.85 \times 0.45 \times 0.04 \times 5501,5 = 84.2 \text{ W}$$

Cálculo da carga térmica transmitida pelo ambiente exterior:

$$q = U.A.\Delta T$$

Franja aceitável para a temperatura interna duma edificação ventilada naturalmente para 90% de aceitabilidade segundo tabela de conforto térmico adaptativo da ASHRAE:

$$\Delta T = 4.5 \, ^{\circ}C = 4.5 \, K$$

Em F1:
$$q_{1e} = 2,398 \times 9,22 \text{ m}^2 \times 4,5 = 99,49 \text{ W}$$

Em F2:
$$q_{2e} = 2,398 \times 12,93 \text{ m}^2 \times 4,5 = 139,53 \text{ W}$$

Em F3:
$$q_{3e} = 2,398 \times 9,22 \text{ m}^2 \times 4,5 = 99,49 \text{ W}$$

Em F4:
$$q_{4e} = 2,398 \times 12,93 \text{ m}^2 \times 4,5 = 139,53 \text{ W}$$

Em T1:
$$q_{T1e} = 0.85 \times 11.81 \text{ m}^2 \times 4.5 = 45.19 \text{ W}$$

Em T2:
$$q_{T2e} = 0.85 \times 11.81 \text{ m}^2 \times 4.5 = 45.19 \text{ W}$$

Cálculo das cargas térmicas internas: das pessoas, iluminação, e aparatos que geram calor.

Cada quarto conta com uma lâmpada fluorescente de 36 W e uma reatância de 1,25 W

$$q_i = 36 + 1,25 = 37,25 \text{ W}$$

Considerando uma família média composta por 6 pessoas e uma taxa metabólica para trabalho sedentário de 120 W, segundo a tabela de taxas metabólicas para distintas atividades da ISSO (7730)

$$q_p = 6 \times 120 = 720 \text{ W}$$

Devido à escassez de meios económicos no entorno rural não consideramos aparatos mecânicos

Carga térmica total por ambiente:

$$\sum q = q$$
 externa + q interna

Ambiente1:

$$\sum q = (q_1 + q_3 + q_4 + q_{T1} + q_{T2} + q_{1e} + q_{3e} + q_{4e} + q_{T1e} + q_{T2e}) + (q_i + q_p)$$

 $\Sigma q = (80,76 \text{ W} + 117,39 \text{ W} + 165,98 \text{ W} + 73,4 \text{ W} + 84,2 \text{ W} + 99,49 \text{ W} + 99,49 \text{ W} + 139,53 \text{ W} + 45,19 \text{ W} + 45,19 \text{ W}) + (37,25 \text{ W} + 720 \text{ W})$

$$\sum q = 1707,87 \text{ W}$$

Ambiente2:

$$\sum q = (q_{T1} + q_{T2} + q_{T1e} + q_{T2e}) + (q_i + q_p)$$

$$\Sigma q = (73.4 \text{ W} + 84.2 \text{ W} + 45.19 \text{ W} + 45.19 \text{ W}) + (37.25 \text{ W} + 720 \text{ W})$$

$$\sum q = 1005,23 \text{ W}$$

Ambiente3:

$$\sum q = (q_1 + q_2 + q_3 + q_{T1} + q_{T2} + q_{1e} + q_{2e} + q_{3e} + q_{T1e} + q_{T2e}) + (q_i + q_p)$$

 $\Sigma q = (80,76 \text{ W} + 197,54 \text{ W} + 117,39 \text{ W} + 73,4 \text{ W} + 84,2 \text{ W} + 99,49 \text{ W} + 139,53 \text{ W} + 99,49 \text{ W} + 45,19 \text{ W} + 45,19 \text{ W}) + (37,25 \text{ W} + 720 \text{ W})$

$$\sum q = 1739,43 \text{ W}$$

Cálculo da vazão de ar necessário para retirar o calor dos ambientes

$$Q [m^3/s] = \frac{\sum q[W]}{\rho \left[\frac{kg}{m_3}\right] \cdot cp \left[\frac{kJ}{kgK}\right] \cdot \Delta T[K]}$$

Massa específica $\rho = 1,165 \text{ kg/m}^3 \text{ para } 30^{\circ}\text{C} \text{ (segundo tabela)}$

Calor específico do ar cp = 1.009 kJ/kgK

$$\Delta T = 4.5 \, ^{\circ}C = 4.5 \, K$$

Ambiente1:

$$\sum q = 1707.87 \text{ W} = 1707.87 \text{ J/s} = 1.707 \text{ kJ/s}$$

Q [m³/s] =
$$\frac{1,707 \text{ kJ/s}}{1,165 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m3}}\right]. \ 1.009 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}\right]. \ 4,5 \left[\text{K}\right]} = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão requerida é: 0,32 m³/s

Ambiente2:

$$\Sigma$$
q = 1005,23 W = 1005,23 J/s = 1,005 kJ/s

Q [m³/s] =
$$\frac{1,005 \text{ kJ/s}}{1,165 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]. \ 1.009 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}\right]. \ 4,5 \left[\text{K}\right]} = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão requerida é: 0,19 m³/s

Ambiente3:

$$\Sigma$$
q = 1739,43 W = 1739,43 J/s = 1,739 kJ/s

Q [m³/s] =
$$\frac{1,739 \text{ kJ/s}}{1,165 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}3}\right]. \ 1.009 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}\right]. \ 4,5 \left[\text{KJ}\right]} = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão requerida é: 0,33 m³/s

Caso 1 - Cálculo 7

Qualidade do ar da habitação no inverno

Cálculo da velocidade de incidência do vento sobre a habitação a 2,3m de altura utilizando o perfil de velocidade logarítmico

Vh = Vm. $\Lambda(zo).ln(h/zo)$

zo: 0,25 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade do terreno (Allard 1998)

Λ(zo): 0,21 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade (Allard 1998)

Vm: 6,55 m/s velocidade média do vento Sul segundo estação meteorológica a 10m

 $Vh = 6,55 \text{ m/s } \times 0,21 \times \ln(2,3 / 0,25)$

Vh = 3,05 m/s

Para terrenos planos ou pouco acidentados o fator topográfico para correção do valor da velocidade é S1 = 1

 $Vh.S1 = 3,05 \times 1 = 3,05 \text{ m/s}$

Determinação da vazão por infiltração nos ambientes 1 e 3, considerando-os idênticos

 $Q = 0.025 \times S \times Vh$

Onde:

0,025: é um coeficiente obtido com estudos de laboratório

S: superfície da abertura

Vh: velocidade do vento

 $Q = 0.025 \times 0.90 \text{m} \times 1 \text{m} \times 3.05 \text{m/s}$

 $Q = 0.069 \text{ m}^3/\text{s}$ para vento Sul

CASO 2

O mês mais quente e Janeiro, com uma temperatura média máxima de 33,3 °C

O mês mais frio e Julho, com uma temperatura média mínima de 10,5 °C

Os ventos predominantes na região no mês de Janeiro são NNE (22,5 $^{\circ}$), com velocidade média de 18,1 Km/h = 5,03 m/s, e os ventos de frios de chuva são do Sul (270 $^{\circ}$) com velocidade média de 23,6 Km/h = 6,55 m/s

Horas de sol em janeiro: 13:08 h

Horas de sol em julho: 10:32 h

Diferencia horaria: -3 GMT (http://www.tutiempo.net/calendario-solar/)

Caso 2 - Cálculo 1

Desempenho térmico da habitação no verão

Cálculo da velocidade de incidência do vento sobre a habitação a 2,3m de altura utilizando o perfil de velocidade logarítmico

Vh = Vm. $\Lambda(zo).ln(h/zo)$

zo: 0,25 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade do terreno (Allard 1998)

Λ(zo): 0,21 (countryside and spread hábitat) segundo tabela de rugosidade (Allard 1998)

Vm: 5,03 m/s velocidade média do vento segundo estação meteorológica a 10m

Vh = 5.03 m/s x 0.21 x ln(2.3/0.25)

Vh = 2.3 m/s

Para terrenos planos ou pouco acidentados o fator topográfico para correção do valor da velocidade é S1 = 1

 $Vh.S1 = 2.3 \times 1 = 2.3 \text{ m/s}$

Caso 2 - Cálculo 2

Cálculo da altura do primeiro elemento da camada de prismas em simulação em CFD

Para o Caso2 ($D_h = 14,75 \text{ m}$):

Re=
$$(\rho . V . D_h)/\mu$$

Re=
$$(1,165 [kg/m^3] . 5,03[m/s] . 14,75 [m]) / 1,7894.10^{-5} [kg/m.s]$$

Re= 4830334,19

Para y+=30

$$Y = (74)^{1/2} \cdot y^{+} \cdot D_{h} \cdot Re^{-13/14}$$

$$Y = (74)^{1/2} \cdot 30 \cdot 12,65 \cdot 4830334,19^{-13/14}$$

$$Y = 0,0023$$

Para y+=300

$$Y = (74)^{1/2} \cdot y^{+} \cdot D_{h} \cdot Re^{-13/14}$$

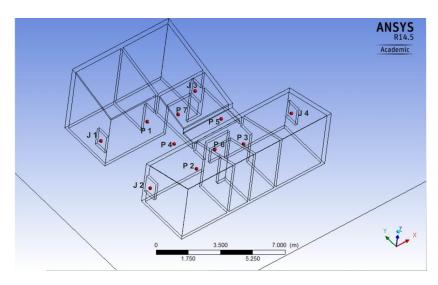
$$Y = (74)^{1/2} \cdot 300 \cdot 12,65 \cdot 4830334,19^{-13/14}$$

Y = 0.023

A altura do primeiro elemento da camada de prismas pode variar entre 0,023 e 0,0023, adotou-se 0.01

Caso 2 - Cálculo 3

CÁLCULO DA VAZÃO DENTRO DOS AMBIENTES ATRAVÉS DAS PRESSÕES NOS PONTOS DE ENTRADA E SAÍDA DETERMINADOS NA SIMULAÇÃO EM CFX



Pontos de medição	Pressão	Velocidade
janela1	2.473e+00 [Pa]	2.792e+00 [m s^-1]
janela2	2.299e+00 [Pa]	2.730e+00 [m s^-1]
janela3	-1.188e+00 [Pa]	1.541e+00 [m s^-1]
janela4	-6.264e-01 [Pa]	1.472e+00 [m s^-1]
porta1	-7.569e-01 [Pa]	2.104e+00 [m s^-1]
porta2	-2.867e-01 [Pa]	2.290e+00 [m s^-1]
porta3	6.383e-01 [Pa]	9.093e-01 [m s^-1]
porta4	-2.335e-02 [Pa]	2.480e+00 [m s^-1]
porta5	-2.126e+00 [Pa]	3.048e+00 [m s^-1]
porta6	2.451e-01 [Pa]	2.327e+00 [m s^-1]
porta7	-9.627e-02 [Pa]	2.260e+00 [m s^-1]

Ambiente 3 (espaço central – estar social - comedor)

$$1/S^2 = 1/(S_1)^2 + 1/(S_2)^2$$

$$1/S^2 = 1/(6,8)^2 + 1/(6,8)^2$$

$$S = 4.8 \text{ m}^2$$

$$Q_n = Cd.S(2\Delta P/\rho)\frac{1}{2}$$

$$Q_3 = 0.6 \times 4.8 [2(-0.02335 - (-2.126))/1.165]$$

$$Q_3 = 5,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ambiente 1 (dormitório)

$$1/S^2 = 1/(S_1)^2 + 1/(S_2)^2$$

$$1/S^2 = 1/(0.96)^2 + 1/(1.68)^2$$

$$S = 0.83 \text{ m}^2$$

$$Q_n = Cd.S(2\Delta P/\rho)\frac{1}{2}$$

$$Q_1 = 0.6 \times 0.83 [2(2.473 - (-0.7569))/1.165]$$

$$Q_1 = 1.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ambiente 2 (cozinha)

No caso de um ambiente com aberturas em paredes opostas e outra abertura numa parede ortogonal, a fórmula do cálculo da vazão será:

$$Q_n = C_d \cdot S \cdot V_H [(Cp_1 - Cp_2)/2 - Cp_3]^{1/2} ...(1)$$

$$Cp = P/[1/2.\rho. (V_H)^2]$$
 ...(2)

Da equação 2 em 1:

$$Q_n = C_d \cdot S \cdot [(P_1 - P_2 - 2P_3)/\rho]^{1/2}$$

$$1/S^2 = 1/(S_1 + S_2)^2 + 1/(S_3)^2$$

$$1/S^2 = 1/(1.68 + 0.96)^2 + 1/(3.4)^2$$

$$S = 2.08 \text{ m}^2$$

$$Q_n = C_d \cdot S \cdot [(P_1 - P_2 - 2P_3)/\rho]^{1/2}$$

$$Q_2 = 0.6 \cdot 2.08 \cdot [(-0.7569 - (-1.188) - 2(-0.09627))/1.165]$$

$$Q_2 = 0.91 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ambiente 4 (dormitório)

$$1/S^2 = 1/(S_1)^2 + 1/(S_2)^2$$

$$1/S^2 = 1/(0.96)^2 + 1/(1.68)^2$$

$$S = 0.83 \text{ m}^2$$

$$Q_n = Cd.S(2\Delta P/\rho)\frac{1}{2}$$

$$Q_4 = 0.6 \times 0.83 [2(2.299 - (-0.2867))/1.165]$$

$$Q_4 = 1,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ambiente 5 (extensão do estar social)

Idem ambiente 2

$$1/S^2 = 1/(S_1 + S_2)^2 + 1/(S_3)^2$$

$$1/S^2 = 1/(1,68 + 1,68)^2 + 1/(3,4)^2$$

$$S = 2,39 \text{ m}^2$$

$$Q_n = C_d \cdot S \cdot [(P_1 - P_2 - 2P_3)/\rho]^{1/2}$$

$$Q_5 = 0.6 \cdot 2.39 \cdot [(-0.2867 - 0.6383 - 2 \cdot 0.2451)/1.165]$$

(Para este caso a equação dá um erro, e a vazão neste ambiente fica indeterminada)

Ambiente 6 (dormitório)

$$1/S^2 = 1/(S_1)^2 + 1/(S_2)^2$$

$$1/S^2 = 1/(1.68)^2 + 1/(0.96)^2$$

$$S = 0.83 \text{ m}^2$$

$$Q_n = Cd.S(2\Delta P/\rho)\frac{1}{2}$$

$$Q_6 = 0.6 \times 0.83 [2 (0.6383 - (-0.6264)) /1.165]$$

$$Q_6 = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caso 2 - Cálculo 4

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Utilizamos o software RadLite2009 para calcular a energia média incidente nas superfícies, com base nos seguintes parâmetros:

Mês de simulação: Janeiro (o mais quente)

Inclinação: 90° (paredes) / 15° (teto)

Orientação: N (165)

Estação: Fixada a localidade (Latitude: -25° 44'; Longitude: 56° 48'; Altitude: 134;

Fuso: -3)

Método: Dogniaux (clima tropical, ambiente rural)

Resultados:

Energia média total diária na fachada NNE = 1,966 kWh/m²

Energia média total diária na fachada LLS = 3,429 kWh/m²

Energia média total diária na fachada SSO = 2,858 kWh/m²

Energia média total diária na fachada OON = 2,881 kWh/m²

Energia média total diária no teto T1 = 6,001 kWh/m²

Energia média total diária no teto T2 = 6,262 kWh/m²

Energia média total diária no teto T3 = 6,269 kWh/m²

Considerando uma irradiância solar constante ao longo do dia, resulta:

I na fachada NNE = 1,966 kWh/m² x $\frac{1}{13.13h}$ x 1000 = 149,7 W/m²

I na fachada LLS = 3,429 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 261,1 W/m²

I na fachada SSO = 2,858 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 217,6 W/m²

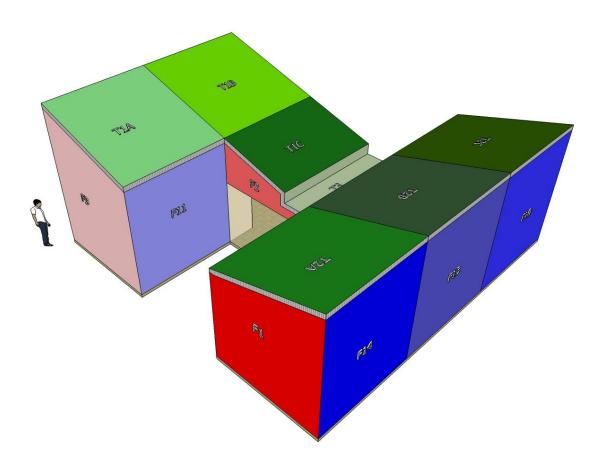
I na fachada OON = 2,881 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 219,4 W/m²

I no teto T1 = 6,001 kWh/m² x $\frac{1}{13,13h}$ x 1000 = 457,1 W/m²

I no teto T2 = 6,262 kWh/m² x
$$\frac{1}{13,13h}$$
 x 1000 = 476,9 W/m²

I no teto T3 = 6,269 kWh/m² x
$$\frac{1}{13,13h}$$
 x 1000 = 477,5 W/m²

Superfícies de paredes e tetos (sem considerar aberturas)





$$F1 = F9 = 11,33 \text{ m}^2$$

$$F2 = 2,43 \text{ m}^2$$

$$F3 = F7 = 13,63 \text{ m}^2$$

$$F4 = F12 = 14,69 \text{ m}^2$$

$$F5 = F6 = 9,33 \text{ m}^2$$

$$F8 = 2,43 \text{ m}^2$$

$$F10 = F13 = F14 = 13,05 \text{ m}^2$$

$$F11 = 11,39 \text{ m}^2$$

$$T1A = T1B = 11,85 \text{ m}^2$$

$$T1C = 8,26 \text{ m}^2$$

$$T2A = T2B = T2C = 11,85 \text{ m}^2$$

$$T3 = 4,1 \text{ m}^2$$

Carga atuante nas superfícies (IA)

$$(IA)F1 = 11,33 \text{ m}^2 \text{ x } 149,7 \text{ W/m}^2 = 1696,1 \text{ W}$$

$$(IA)F2 = 2,43 \text{ m}^2 \text{ x } 149,7 \text{ W/m}^2 = 363,8 \text{ W}$$

$$(IA)F3 = 13,63 \text{ m}^2 \text{ x } 149,7 \text{ W/m}^2 = 2040,4 \text{ W}$$

$$(IA)F4 = 14,69 \text{ m}^2 \text{ x } 261,1 \text{ W/m}^2 = 3835,6 \text{ W}$$

$$(IA)F5 = 9.33 \text{ m}^2 \text{ x } 261.1 \text{ W/m}^2 = 2436.1 \text{ W}$$

$$(IA)F6 = 9.33 \text{ m}^2 \text{ x } 261.1 \text{ W/m}^2 = 2436.1 \text{ W}$$

$$(IA)F7 = 13,63 \text{ m}^2 \times 217,6 \text{ W/m}^2 = 2965,9 \text{ W}$$

$$(IA)F8 = 2,43 \text{ m}^2 \text{ x } 217,6 \text{ W/m}^2 = 528,8 \text{ W}$$

$$(IA)F9 = 11,33 \text{ m}^2 \times 217,6 \text{ W/m}^2 = 2465,4 \text{ W}$$

$$(IA)F10 = 13,05 \text{ m}^2 \text{ x } 219,4 \text{ W/m}^2 = 2863,2 \text{ W}$$

$$(IA)F11 = 11,39 \text{ m}^2 \text{ x } 219,4 \text{ W/m}^2 = 2498,9 \text{ W}$$

$$(IA)F12 = 14,69 \text{ m}^2 \times 261,1 \text{ W/m}^2 = 3835,6 \text{ W}$$

$$(IA)F13 = 13,05 \text{ m}^2 \times 219,4 \text{ W/m}^2 = 2863,2 \text{ W}$$

$$(IA)F14 = 13,05 \text{ m}^2 \text{ x } 219,4 \text{ W/m}^2 = 2863,2 \text{ W}$$

$$(IA)T1A = IA \text{ em } T1B = 11.85 \text{ m}^2 \text{ x } 457.1 \text{ W/m}^2 = 5416.6 \text{ W}$$

$$(IA)T1C = 8,26 \text{ m}^2 \text{ x } 457,1 \text{ W/m}^2 = 3775,7 \text{ W}$$

$$(IA)T2A = IA \text{ em } T2B = IA \text{ em } T2C = 11.85 \text{ m}^2 \text{ x } 476.9 \text{ W/m}^2 = 5651.3 \text{ W}$$

$$(IA)T3 = 4.1 \text{ m}^2 \text{ x } 477.5 \text{ W/m}^2 = 1957.8 \text{ W}$$

Cálculo da Carga térmica solar nas superfícies:

Fator solar (FS)

Conforme indica a norma ABNT 15220, a carga térmica solar deve ser calculada para as superfícies opacas com o emprego dos seguintes fatores solares:

Superfícies opacas

FSop (%) =
$$4U\alpha s$$

Onde

U = transmitância térmica da parede, [W/(m²K)],

αs = absortância solar superficial da parede opaca.

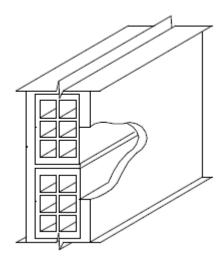
Carga térmica solar (CTS)

$$q(\%) = (4 . U . \alpha s .IA) / 100$$

Onde

A: área da superfície (m²),

I: irradiância solar sobre a superfície (W/m²).



Para uma parede de tijolos de 6 furos quadrados assentados na menor dimensão, de dimensões do tijolo: 9,0 x 14,0 x 19,0 cm. Espessura da argamassa de assentamento 1,0 cm. Espessura da argamassa de emboço 2,5 cm. Espessura total da parede: 14,0 cm

 $U = 2,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira. Espessura da telha 0,7 cm. Espessura da madeira 1,0 cm

 $U = 2 W/m^2K$

Absortância para radiação solar nas superfícies e Transmitância para materiais também são obtidos da Norma NBR 15220:

Pintura branca: $\alpha s = 0.20$

Para o teto de fibrocimento utilizamos o mais aproximado que é reboco claro:

 $\alpha s = 0.40$

$q(\%) = (4 . U . \alpha s .IA) / 100$

Para F1: $q_1 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 1696, 1 = 33,65 \text{ W}$

Para F2: $q_2 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 363.8 = 7.22 \text{ W}$

Para F3: $q_3 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2040.4 = 40.48 \text{ W}$

Para F4: $q_4 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 3835.6 = 76.1 \text{ W}$

Para F5: $q_5 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2436,1 = 48,33 \text{ W}$

Para F6: $q_6 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2436, 1 = 48.33 \text{ W}$

Para F7: $q_7 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2965, 9 = 58.84 \text{ W}$

Para F8: $q_8 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 528.8 = 10.49 \text{ W}$

Para F9: $q_9 = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2465, 4 = 48.91 \text{ W}$

Para F10: $q_{10} = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2863, 2 =$ **56,81 W**

Para F11: $q_{11} = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2498,9 = 49.58 \text{ W}$

Para F12: $q_{12} = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 3835,6 = 76.1 \text{ W}$

Para F13: $q_{13} = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2863, 2 = 56.81 \text{ W}$

Para F14: $q_{14} = 0.04 \times 2.48 \times 0.20 \times 2863, 2 = 56.81 \text{ W}$

Para T1A e T1B: $q_{T1AB} = 0.04 \times 2 \times 0.40 \times 5416.6 = 173.33 \text{ W}$

Para T1C: $q_{T1C} = 0.04 \times 2 \times 0.40 \times 3775,7 = 120,82 \text{ W}$

Para T2A, T2B e T2C: $q_{T2ABC} = 0.04 \times 2 \times 0.40 \times 5651,3 = 180,84 \text{ W}$

Para T3: $q_{T3} = 0.04 \times 2 \times 0.40 \times 1957.8 = 62.65 \text{ W}$

Cálculo das cargas térmicas internas: das pessoas, iluminação, e aparatos que geram calor.

Cada quarto conta com uma lâmpada fluorescente de 36 W e uma reatância de 1,25 W

$$q_i = 36 + 1,25 = 37,25 \text{ W}$$

Considerando uma família média composta por 6 pessoas, mas que na média só estarão geralmente 3 pessoas num mesmo ambiente, e uma taxa metabólica para

trabalho sedentário de 120 W, segundo a tabela de taxas metabólicas para distintas atividades da ISSO (7730)

$$q_p = 3 \times 120 = 360 \text{ W}$$

Consideramos os aparatos mecânicos mais básicos como:

Geladeira: q_g = 400 W

Radio: $q_r = 15 \text{ W}$

TV: $q_{tv} = 200 \text{ W}$

Fogão: $q_f = 790 W$

Liquidificadora: q₁ = 350 W

Notebook: $q_n = 40 \text{ W}$

Carga térmica total por ambiente:

 $\sum q = q$ externa + q interna

Ambiente1 (dormitório):

$$\sum q = (q_{11} + q_3 + q_4 + q_{T1AB}) + (q_i + q_p + q_n)$$

$$\Sigma q = (49.58 \text{ W} + 40.48 \text{ W} + 76.1 \text{ W} + 173.33 \text{ W}) + (37.25 \text{ W} + 360 \text{ W} + 40 \text{ W})$$

$$\sum$$
q = 776,74 W

Ambiente2 (cozinha):

$$\sum q = (q_7 + q_{12} + q_{T1AB}) + (q_i + q_p + q_g)$$

$$\Sigma q = (58.84 \text{ W} + 76.1 \text{ W} + 173.33 \text{ W}) + (37.25 \text{ W} + 360 \text{ W} + 400 \text{ W})$$

$$\sum q = 1105,52 \text{ W}$$

Ambiente3 (espaço central – estar social – sala de jantar):

$$\sum q = (q_2 + q_8 + q_{T1C} + q_{T3}) + (q_i + q_p + q_r + q_{tv})$$

$$\Sigma q = (7,22 \text{ W} + 10,49 \text{ W} + 120,82 \text{ W} + 62,65 \text{ W}) + (37,25 \text{ W} + 360 \text{ W} + 15 \text{ W} + 200 \text{ W})$$

$$\sum$$
q = 813,43 W

Ambiente4 (dormitório):

$$\sum q = (q_1 + q_5 + q_{14} + q_{T2ABC}) + (q_i + q_p + q_n)$$

$$\Sigma q = (33,65 \text{ W} + 48,33 \text{ W} + 56,81 \text{ W} + 180,84 \text{ W}) + (37,25 \text{ W} + 360 \text{ W} + 40 \text{ W})$$

$$\sum$$
q = 756,88 W

Ambiente5 (extensão do estar social):

$$\sum q = (q_{13} + q_{T2ABC}) + (q_i + q_p)$$

$$\Sigma q = (56.81 \text{ W} + 180.84 \text{ W}) + (37.25 \text{ W} + 360 \text{ W})$$

$$\sum q = 634,9 \text{ W}$$

Ambiente 6 (dormitório):

$$\sum q = (q_6 + q_9 + q_{10} + q_{T2ABC}) + (q_i + q_p + q_n)$$

$$\Sigma q = (48,33 \text{ W} + 48,91 \text{ W} + 56,81 \text{ W} + 180,84 \text{ W}) + (37,25 \text{ W} + 360 \text{ W} + 40 \text{ W})$$

$$\sum q = 772,14 \text{ W}$$

Cálculo da vazão de ar necessário para retirar o calor dos ambientes

$$Q [m^3/s] = \frac{\sum q[W]}{\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot cp \left[\frac{kJ}{kgK}\right] \cdot \Delta T[K]} =$$

Massa específica $\rho = 1,165 \text{ kg/m}^3 \text{ para } 30^{\circ}\text{C} \text{ (segundo tabela)}$

Calor específico do ar Cp = 1,009 kJ/kgK

No caso de uma residência é melhor considerar um diferencial de temperatura:

$$\Delta T = 3 \,^{\circ}C = 3 \,^{\circ}K$$

Ambiente1:

$$\sum q = 776,74 \text{ W} = 776,74 \text{ J/s} = 0,776 \text{ kJ/s}$$

$$Q [m^3/s] = 0.776 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,25 m^3/s$$

A vazão requerida é: 0,22 m³/s

Ambiente2:

$$\sum q = 1105,52 \text{ W} = 1105,52 \text{ J/s} = 1,105 \text{ kJ/s}$$

$$Q [m^3/s] = 1,105 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,29 m^3/s$$

A vazão requerida é: 0,31 m³/s

Ambiente3:

$$\sum$$
q = 813,43 W = 813,43 J/s = 0,813 kJ/s

 $Q [m^3/s] = 0.813 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,19 m^3/s$

A vazão requerida é: 0,23 m³/s

Ambiente4:

$$\sum$$
q = **756,88** W = **756,88** J/s = 0,**756** kJ/s

 $Q [m^3/s] = 0.756 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,23 m^3/s$

A vazão requerida é: 0,21 m³/s

Ambiente5:

$$\sum q = 634,9 \text{ W} = 634,9 \text{ J/s} = 0,634 \text{ kJ/s}$$

 $Q [m^3/s] = 0,634 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,17 m^3/s$

A vazão requerida é: 0,18 m³/s

Ambiente6:

$$\sum$$
q = 772,14 W = 772,14 J/s = 0,772 kJ/s

 $Q [m^3/s] = 0,772 [kJ/s] / (1,165 [kg/m^3] . 1,009 [kJ/kgK] . 3 [K]) = 0,24 m^3/s$

A vazão requerida é: 0,22 m³/s