



Eficiência energética nas cidades: uma análise dos fluxos de ventilação em uma proposta de edificação sustentável

Mariana Gonçalves Pires Lopes^{1*}, Nadyne Rennally Leite², Thaisy da Silva Ferreira³, Vívian Rodrigues Rocha da Silva⁴

¹ Bacharelada em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Brasil. (*Autor correspondente: Marianagpupes@hotmail.com)

² Bacharelada em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Brasil.

³ Bacharelada em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Brasil.

⁴ Bacharelada em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Brasil.

Histórico do Artigo: Artigo submetido em 19/02/2020, revisado em 05/03/2020 e aceito em 19/03/2020.

RESUMO

Atingir a eficiência energética nas edificações é uma busca constante, visto que o bem-estar e o conforto dos seus usuários dependem do seu bom desempenho no tocante ao consumo de energia. Dentre as diversas variáveis que devem ser levantadas em conta, tem-se o vento. Sabe-se que um ambiente bem ventilado favorece a redução de custos e bem-estar do residente. Diante disso, esse trabalho tem como objetivo analisar o desempenho de uma edificação com função residencial (ainda em planta baixa) de acordo com suas disposições de cômodos, quantidade e tamanho de aberturas, analisando os fluxos de ventilação no ambiente construído. Utilizou-se o software FluxoVentos e Analysis SOLAR para o desenvolvimento da pesquisa. Partindo de um modelo inicial de edificação popular, para ser proposto assim, um modelo final. Doravante, apresentou-se modelos alternativos que contribuam com novas discussões acerca da temática. Observa-se como resultado do trabalho a importância da ventilação natural nas residências, que além de reduzir custos, traz para os indivíduos qualidade de vida.

Palavras-Chaves: Conforto Ambiental, Cidades Sustentáveis, Smart Cities, FluxoVentos.

Energy efficiency in cities: an analysis of ventilation flows in a sustainable building proposal

ABSTRACT

Achieving the energy efficiency of buildings is a constant pursuit, since the well-being and comfort of its users depend on its good performance in terms of energy consumption. Among the several variables that can be raised as essential with regard to a building with active energy efficiency, the wind is one of the main. It is known that a well-ventilated environment favors the reduction of costs and well-being of the resident. The objective of this work is to analyze the performance of a residential building (low floor) according to its room layout, number and size of openings, analyzing the ventilation flows in the built environment. The software FluxoVentos and Analysis SOLAR is used for the development of the research. Starting from the initial model of popular construction, it was presented two initial models to go against the final model. From now on, alternative models have been presented that contributed with new discussions about the theme. It is observed the importance of ventilation modeling for building development, as well as the process of natural ventilation in the residences, this in addition to reducing costs, brings to individuals quality of life.

Keywords: Environmental Compatibility, Sustainable Cities, Smart Cities, FluxoVentos.

Lopes, M.G.P., Leite, N.R., Ferreira, T.S., Silva, V.R. (2020). Eficiência energética nas cidades: uma análise dos fluxos de ventilação em uma proposta de edificação sustentável. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.1, p.08-24.



Direitos do Autor. A Meio Ambiente (Brasil) utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

1. Introdução

Atingir a eficiência energética das edificações deve ser uma busca constante, visto que o bem-estar e o conforto dos seus usuários dependem do seu bom desempenho no tocante ao consumo de energia, pois um edifício é considerado mais eficiente do que outro se o mesmo oferecer condições ambientais com um consumo sustentável (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Nesse sentido, entender os condicionantes climáticos de cada local é imprescindível para a implantação de estratégias para alcançar a eficiência energética das edificações, sendo muito importante no Brasil, uma vez que, esses condicionantes apresentam dinâmicas adversas de região para região.

Importantes variáveis podem ser levantadas como essenciais no que se refere a obtenção de uma edificação com eficiência energética, dentre as quais; radiação solar, luz natural, temperatura, umidade, vento, etc. O vento, por sua vez, mantém diversas funcionalidades que vêm a contribuir na eficiência energética da edificação bem como no conforto térmico (SZOKOLAY, 2014; NEGREIROS, 2010). Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) uma ventilação adequada é aquela que favorece uma boa entrada de ar e uma conseqüente saída, o que se denomina ventilação cruzada, sendo comumente exemplificada pela ventilação que entra pelos dormitórios e sai pela parte de serviço (BROWN e DEKAY, 2001; CORBELLA e YANNAS, 2003).

Além disso, para se obter uma boa eficiência energética na edificação no que se refere a ventilação, deve-se atentar para as aberturas de entrada de ar: essas devem ser localizadas nas zonas de ventos predominantemente favoráveis, bem como manter uma ventilação higiênica, ou seja, acima do nível da cabeça do usuário da residência (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Neste sentido, Gomes (2010) destaca o uso da ventilação natural, isto é, a renovação do ar independentemente de elementos mecânicos, que gera entrada de ar fresco no interior do edifício substituindo o ar poluído que se encontra no seu interior.

De acordo com Lamberts et al. (2013), depois do sombreamento, a ventilação natural é a estratégia bioclimática mais importante para o Brasil em termos de edificações, pois, ambientes naturalmente ventilados resultam no resfriamento estrutural oriundo da inércia térmica. A ventilação natural é eficaz entre 20 °C a 32 °C, pois passando disso, os ganhos térmicos por convecção funcionariam mais como aquecimento do que como resfriamento do ambiente (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2010; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Em oposição ao sol, o vento pode ser

desejável no verão e indesejável no inverno; tais estações apresentam características mais ou menos definidas a depender da região. Além do mais, outros fatores ligados à geografia física como; localização, topografia e vegetação influem sobre as edificações, que por sua vez, alteram a direção e velocidade do vento.

Doravante, deve-se atentar à área útil de ventilação, uma vez que, essa variável determinará como e quanto a ventilação natural irá se propagar no ambiente, sendo diretamente relacionada ao tipo de abertura das janelas e portas. Assim, a área útil corresponde à área efetiva de ventilação, quando a janela estiver totalmente aberta, dessa forma, cada tipo de janela terá uma área útil correspondente à sua abertura (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). No trabalho de Lamberts, Dutra e Pereira (2014) é ilustrada a relação: área útil de ventilação *versus* tipo de janela, ali é constatado que a janela do tipo guilhotina (ou “de correr”) mantém uma área útil de ventilação de 50%, pois quando totalmente aberta, somente metade de sua área é livre para ventilar o ambiente, diferente da janela de abertura vertical, esta possui 100% de sua área útil de ventilação.

Nos dias atuais as cidades sustentáveis, também conhecidas como *Smart Cities* (cidades inteligentes) ganham notoriedade e seus benefícios colocam-nas em vanguarda de vários temas interdisciplinares, seja eles na arquitetura, urbanismo, geografia, engenharias, economia, dentre outros. Por definição, as cidades sustentáveis são as cidades que conseguem satisfatoriamente aliar estruturas físicas e tecnológicas, com finalidade de promover uma melhor sustentabilidade e qualidade de vida para a população. Uma visão de futuro que une economia, bem-estar, governança, uso consciente de recursos naturais e sua reutilização e mobilidade viária, são pontos que as cidades sustentáveis tendem a buscar (KANTER & LITOW, 2009; GIFFINGER & GUDRUN, 2010).

Segundo Silva et al. (2017), o uso de tecnologias oriundas dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG, *Building Information Modeling*-BIM, *City Information Modeling*-CIM, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (SR) junto aos seus vastos bancos de dados integrados podem proporcionar grandes benesses à contribuição da formação das cidades sustentáveis. A investigação das novas áreas disponíveis para construção que dialoguem com a criação de edificações de consumo energético baixo e a conservação de áreas sensíveis estão voltados à aplicação de modelos e programas de modelagens capazes de auxiliar diretamente o desenvolvimento sustentável.

Diante da relevância ventilação para a promoção do consumo consciente de energia, equilíbrio

bioclimático e eficiência energética das edificações, este trabalho tem como objetivo principal analisar o desempenho de uma edificação residencial (em planta baixa) considerando suas disposições de cômodos, quantidade e tamanho de aberturas. Isto para chegar a conclusões sobre fluxo de vento no ambiente construído, vislumbrando melhorias nas edificações e sua eficiência energética.

2. Material e Métodos

Utilizou-se programas como o FluxoVentos e o Analysis SOLAR para desenvolvimento da pesquisa. O programa FluxoVentos consiste em um *software* de análise de ventilação dos ambientes, criado por Carlos Vitor de Alencar Carvalho e Luiz Fernando Martha e incrementado pela PUC-Rio (TeCGraf – Desenvolvimento de *Software* Técnico Científico), para arquitetos, discentes e docentes da arquitetura e áreas afins. O programa modela ventilação cruzada, caminho percorrido e explana as áreas de melhor propagação do mesmo, assim, o FluxoVentos auxilia na tomada de decisão eficaz de ambientes considerando a ventilação, sustentabilidade e rentabilidade (CARVALHO, MARTHA, TEIXEIRA, 2005). Destaca-se que o posicionamento dos ventos aplicados no programa FluxoVentos, estes seguindo a direção de oeste para leste.

Além do citado acima, o FluxoVentos pode simular diversas condições geométricas. Segundo o site E-civil (2018), o *software* tem a capacidade de inserir defesas (anteparos) externas, em planta baixa ou em corte. O produto pós simulação são linhas de correntes onde pode verificar locais de concentração e rarefação dentro do ambiente construído pelo indivíduo.

Para identificar as probabilidades de ocorrência de vento para principais orientações e sua velocidade, uma opção é utilizar o recurso rosa-dos-ventos do *software* Analysis SOLAR, onde o suporte ao projetista em indicar qual será a melhor orientação para colocação de aberturas de acordo com as épocas do ano é garantido. Segundo o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE (2018), o Analysis SOLAR permite a obtenção da carta solar, temperatura anual, rosa dos ventos e velocidade média para cada estação do ano em oito orientações.

Vale salientar que foi confeccionada uma maquete a partir de estudos realizados no programa FluxoVentos, no qual foi possível escolher a melhor proposta para ser inserida na máquina de fumaça, no entanto, houveram problemas técnicos que impossibilitaram realizar o ensaio com o equipamento.

3. Resultados e Discussão

O estudo de eficiência energética oriunda de uma aplicação adequada da ventilação, sobretudo natural não é recente, haja visto os notórios trabalhos sobre o tema publicados nos últimos anos. Cita-se Perissinoto et al. (2006), e seu estudo que evidencia o aumento econômico, a redução de gastos e eficiência energética, quando planejaram formas alternativas de ventilação e resfriamento em galpões para confinamento de bovinos leiteiros, obtendo resultados satisfatórios. Na pesquisa de Cardoso (2008) foi desenvolvida uma janela eco eficiente, que buscava a otimização da prestação funcional dos ambientes exteriores, dando suporte na eficiência energética e transferindo com mais facilidade os elementos naturais, tais como os térmicos, lumínicos, de ventilação e acústicos.

Pela revisão bibliográfica de Silva, Gonzalez e Silva Filho (2011) percebeu-se grandes pontos a serem trabalhados em prol de potencializar o conforto térmico urbano apenas com os recursos naturais. Na pesquisa observou-se que a vegetação, a radiação solar, o sombreamento, umidade, evaporação, o vento e a ventilação natural e a arborização são elementos de grande potencial para melhoria do conforto térmico urbano.

Sorgato, Versage e Lamberts (2011a) esclarecem a importância do sombreamento nas janelas dos dormitórios de edificações residenciais e seus impactos no conforto térmico e eficiência energética. Os mesmos autores também apresentaram como a área de ventilação influencia no desempenho térmico de edificações residenciais, concluindo que tais áreas influem significativamente no desempenho térmico prolongado das mesmas (SORGATO; VERSAGE; LAMBERTS, 2011b). Um ano após essas duas relevantes contribuições, Sorgato e Lamberts (2012) analisaram a sensibilidade dos parâmetros utilizados para a simulação computacional de ventilação natural sobre o desempenho térmico de uma edificação residencial; nos quais, notou-se que a partir dessa análise foi possível identificar o impacto de cada parâmetro sobre as renovações de ar e resfriamento.

Observando os relatórios recentes sobre as mudanças climáticas antropogênicas, o aquecimento global e as novas tecnologias para reversão dos impactos antrópicos, Oliveira, Semaan e Ponzio (2015) apresentam as janelas eletrocromáticas como um novo aliado para eficiência energética de ventilação e iluminação. As janelas eletrocromáticas são capazes de controlar a luminosidade e climatização de ambientes fechados (SVENSSON; GRANQVIST 1985), estando em alta nos dias

atuais devido a grande contribuição sustentável que podem trazer (BERKELEY, 2018).

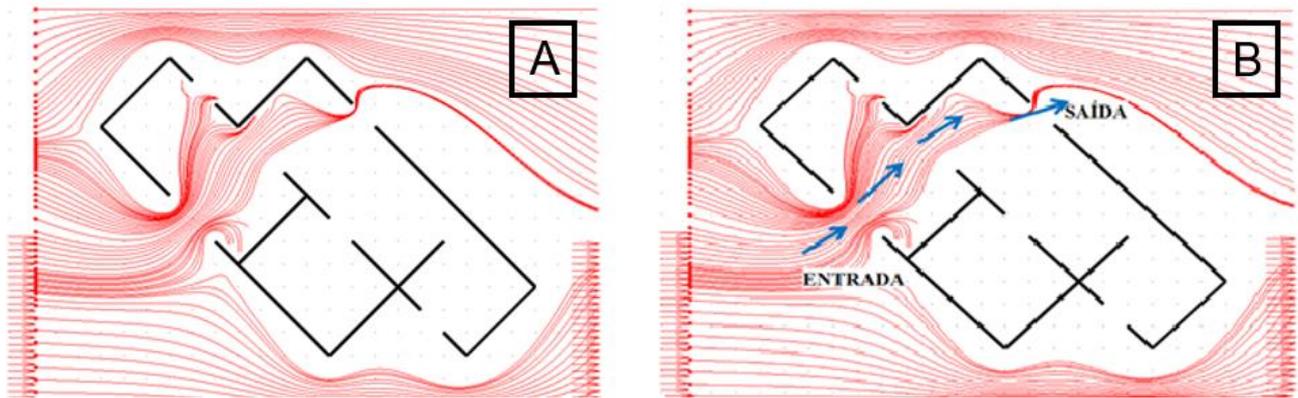
Um estudo mais recente é o de Bedin, Pelisser e Pozzebon (2016), onde estes apresentam a ventilação cruzada como método para aumento da eficiência energética da cidade de Passo Fundo – RS. Os autores basearam-se nos critérios das cidades sustentáveis, propondo sugestões que unam os ventos predominantes do território e seu melhor aproveitamento, assim, trazendo uma maior comodidade térmica às moradias.

Desta forma, constata-se que a eficiência energética no tocante à ventilação vem sendo realizada através de pesquisas acadêmicas, sendo intensificado pela maior consciência da sociedade acerca da temática ambiental, sustentabilidade e redução de custos.

3.1 Análise da ventilação: propostas iniciais

Para desenvolvimento e execução da simulação da primeira proposta no *Software*, foi pensado um modelo de habitação inicial com quatro ambientes e quatro aberturas externas, visando retratar casas mais populares, tangíveis de aplicabilidade e exequibilidade, sendo apresentado pela Figura 1A.

Figura 1: Proposta inicial de ambiente (primeiro modelo)

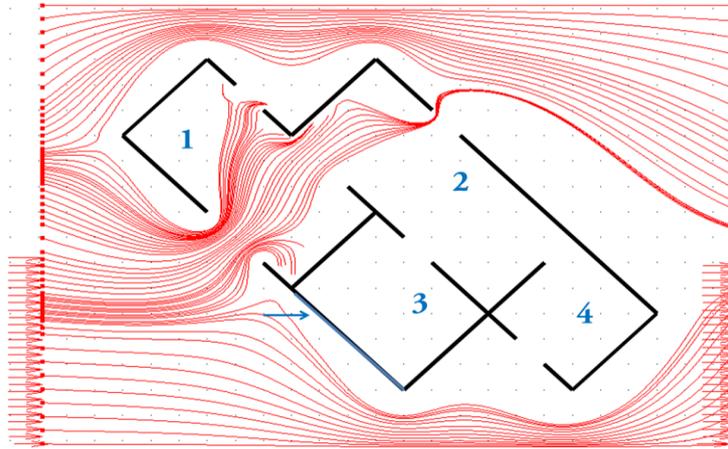


Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

Observa-se a partir da Figura 1 que, apesar de haver uma grande abertura na sua fachada principal, a ventilação não permeava todos os cômodos, isso devido não apenas pela orientação do modelo, mas pela disposição das aberturas; uma vez que as aberturas indicadas na Figura 1B funcionaram com porta de entrada e saída do vento. Ademais, observa-se a necessidade de

modificação do modelo inicial para melhoria da edificação (Figura 2).

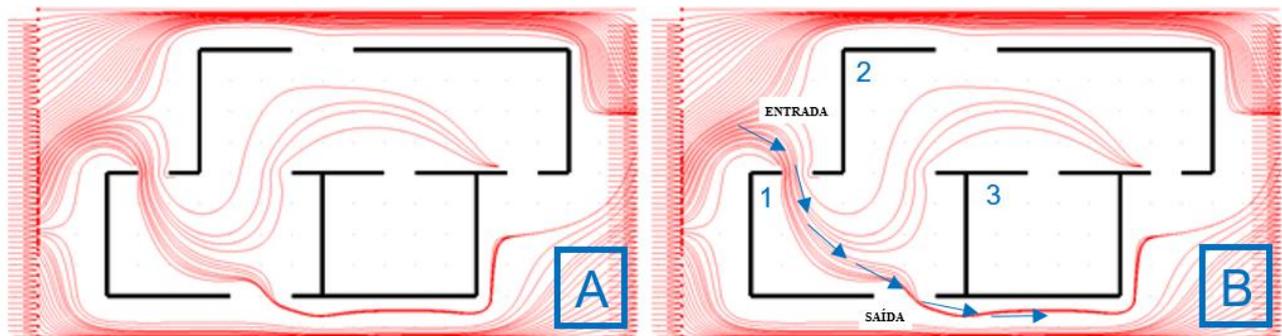
Figura 2: Proposta inicial de ambiente (primeiro modelo) – números de cômodo



Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

A Figura 2 enumera os cômodos junto aos fluxos de ventos ressaltando a carência de uma abertura na fachada no ambiente 3 ou remodelação e/ou reorientação da edificação, uma vez que a simulação atual prejudicou significativamente a ventilação dos cômodos 3, 4 e uma parte do 2. Desta forma, simulou-se uma nova proposta de edificação junto aos seus fluxos de ventos (Figura 3).

Figura 3: Proposta inicial de ambiente (segundo modelo)



Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

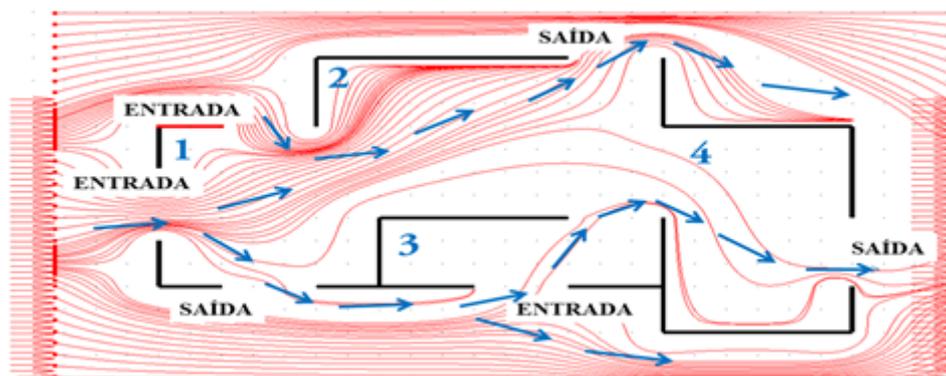
A Figura 3 remodela e reorienta a proposta inicial retratada e discutida nas Figuras 1 e 2 (Figura 3A); neste, a orientação da entrada e da saída iniciais de ar são invertidas e também se retira o bloqueio dos cômodos 2 e 4 (Figura 3B). Quando a orientação do modelo foi alterada, retirando o bloqueio entre os cômodos 2 e 4, observa-se mudanças relevantes no comportamento da ventilação. Por exemplo, verifica-se que apesar do cômodo de número 2 estar mais ventilado no que se refere a distribuição da ventilação (Figura 3B), há uma redução na intensidade do vento em relação ao primeiro teste analisado anteriormente.

Concomitante as Figuras 1 e 3, o cômodo 3 mantém-se prejudicado pela falta de aberturas. É interessante ressaltar que o vento não penetra o cômodo 2 ao passar pela sua fachada externa, mesmo havendo uma abertura que torna isto possível; a direção do vento esquerda – direita é a causa mais plausível para essa resposta na simulação. A partir da análise da Figura 3 e os estudos iniciais, percebeu-se que seria preciso trazer soluções alternativas para que a entrada do vento fosse facilitada, bem como a sua saída em todos os 4 ambientes, como foi proposto em início. Assim, elaborou-se a proposta final do modelo de edificação com a melhor resposta à uma ventilação natural

3.2 Análise da ventilação: proposta final

Diferente da proposta inicial, a proposta final de edificação foi refletida sobre quatro ambientes; todavia, esses com mais aberturas e de tamanhos mais generosos. Por manter mais aberturas, o novo modelo tende a ser mais ventilado quando comparado aos dois simulados anteriormente na pesquisa. A Figura 4 se observar com maior clareza a proposta final e seu respectivo caminho da ventilação.

Figura 4: Proposta final de edificação



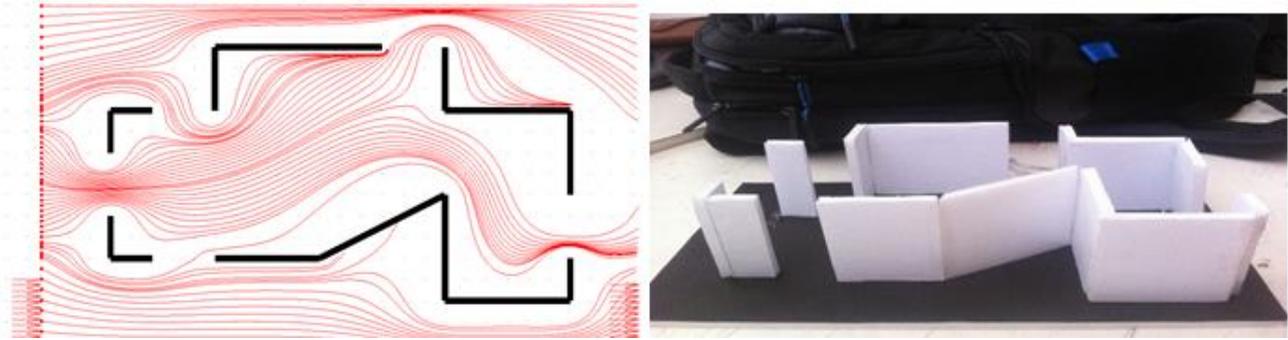
Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

De acordo com a Figura 4, a proposta final mantém três entradas e três saídas de ar junto a quatro ambientes internos. Todas as seis aberturas externas poderão comportar-se como entrada e saída do vento, fazendo com que todos os quatro ambientes da edificação sejam ventilados. De acordo com o estudo das simulações dos modelos anteriores, observou-se a necessidade de incluir uma nova fachada para que a ventilação circulasse pelo ambiente 3, deste modo, na proposta final atribuiu-se uma abertura na fachada externa e uma outra interna, condição já se torna bastante favorável para a circulação do vento. Ainda assim, a dinâmica de ventos nesse ambiente é pequena, porém, superior as simulações iniciais; a partir deste exemplo, comprova-se que para haver uma ventilação é necessário não apenas uma entrada, mas uma saída de ar é imprescindível para haver a existência de uma pressão positiva e negativa nos ambientes.

Os cômodos 1 e 2 são os grandes beneficiados pela ventilação natural. As aberturas do ambiente 1 e a direção do vento esquerda - direita fazem desta região central para a entrada da ventilação; o ambiente 2, por sua vez, mantém grande fluxo de vento devido ao escoamento do ar do ambiente 1 pela fachada existente no cômodo 2. Por fim, o ambiente 4 abarca um fluxo menor de ventilação, entretanto, de forma heterogênea

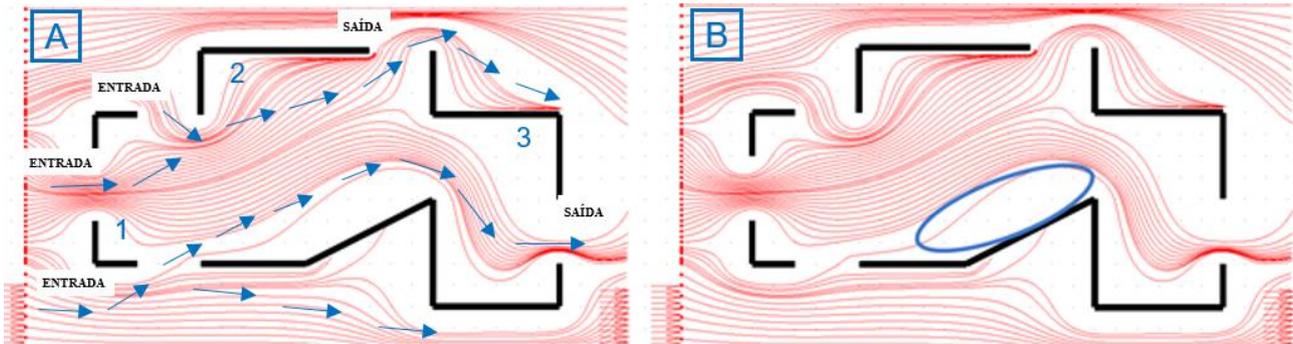
3.3 Variações alternativas da proposta final de ventilação

Diante das dinâmicas territoriais e econômicas do Brasil, é considerável apresentar formas alternativas de edificações que agreguem condições viáveis à construção, bem como características que façam aumentar o potencial sustentável da casa, resultando na redução de possíveis custos energéticos. Assim, embasando-se na proposta de edificação final (Figura 4), desenvolveu-se variações alternativas de edificações, mantendo a elevada ventilação natural como prioridade. A primeira proposta alternativa (Figura 5) é comumente denominada de “funil de vento”.

Figura 5: Proposta alternativa de edificação (primeiro modelo)

Fonte: Desenvolvido a partir do software FluxoVentos; foto do acervo pessoal de Vívian Rodrigues (2018).

Nota-se na Figura 5 a partir de suas representações (simulado e física) a presença de cinco aberturas externas e três cômodos, onde essas aberturas agem como entrada e saída de vento, proporcionando uma maior ventilação para os ambientes. A análise dos fluxos de ventilação para o primeiro modelo alternativo é retratada na Figura 6.

Figura 6 – Proposta alternativa de edificação (primeiro modelo) – análise do ambiente

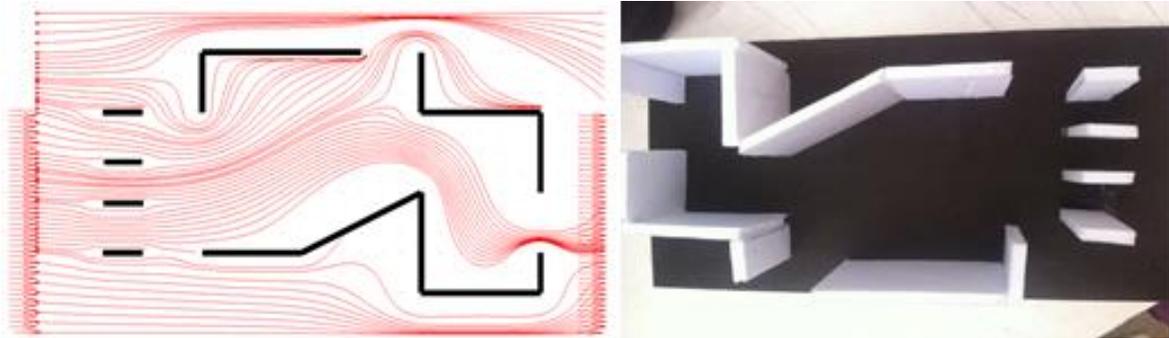
Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

A grande diferença verificada no primeiro modelo alternativo (Figura 6) em relação a proposta final (Figura 4) é a retirada do cômodo 3, incluindo nesse ambiente, uma parede inclinada. A opção de retirar o cômodo 3, surge como iniciativa para constatação se esta direcionaria o vento para o cômodo 4, e se o mesmo cômodo ficaria mais ventilado.

As setas em azul demonstram com mais clareza o caminho da ventilação pela edificação; já a parede assinalada em azul direciona o vento para o cômodo dos fundos da edificação, onde ele pode

escapar para o ambiente exterior e continuar seu caminho (Figura 6A). De fato, a parede inclinada direcionou o fluxo do vento para o cômodo 4, porém, a área em que se encontra o cômodo 3, não recebeu um aumento significativo de ventilação, havendo a formação de uma área sem interferência do vento (Figura 6B). A segunda variação alternativa de edificação mantém a base do primeiro modelo alternativo, todavia, a fachada principal é totalmente modificada (Figura 7).

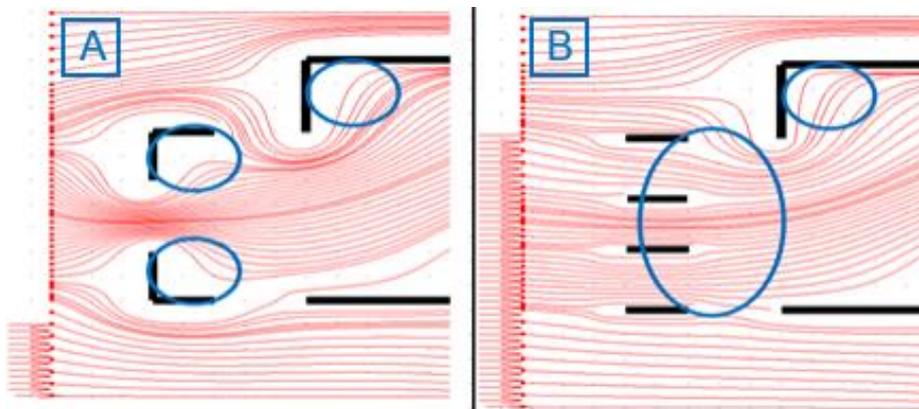
Figura 7 – Proposta alternativa de edificação (segundo modelo)



Fonte: Desenvolvido a partir do software FluxoVentos; foto do acervo pessoal de Vívian Rodrigues (2018).

Na segunda variação do modelo final apresentada pela Figura 7, implementou-se brises verticais paralelas na fachada principal. Essa mudança transforma por completo o comportamento do vento nesse primeiro momento, pois, não há mais quinas e a ventilação permite transpassar o ambiente com mais facilidade. Na Figura 8, pode-se comparar as duas situações e como o comportamento do vento se altera.

Figura 8: Proposta alternativa de edificação (segundo modelo) – comparação das fachadas

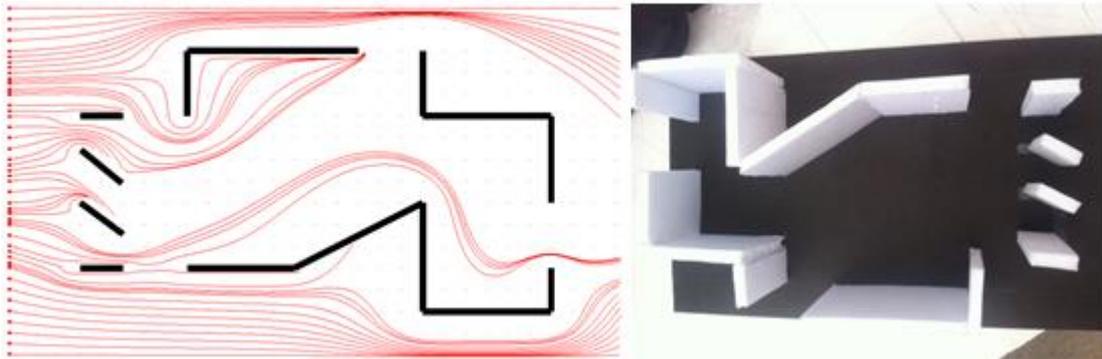


Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

Na Figura 8 percebe-se a diferença de circulação dos modelos alternativos 1 e 2 (Figura 5 e 7). Nos pontos circulados em azul, nota-se a diferença na circulação; os brises (Figura 8B), por estarem orientados no mesmo sentido da direção do vento, não agem como barreiras e, pelo contrário, direcionam e possibilitam uma maior penetração e melhor circulação do vento no ambiente. No restante do modelo não há alteração no comportamento do vento.

Observando os resultados satisfatórios do segundo modelo alternativo de edificação, cria-se o terceiro modelo alternativo, este com as brises na fachada inclinados (Figura 9).

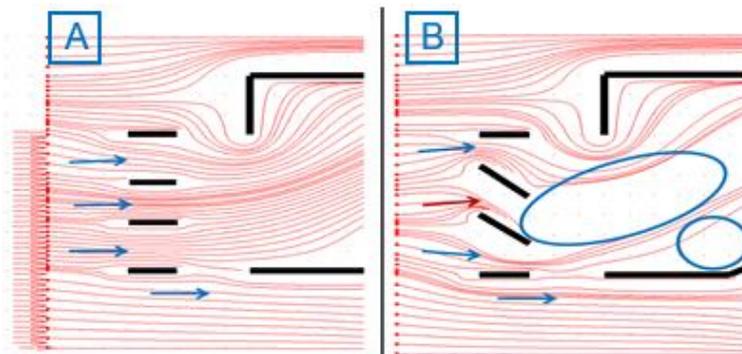
Figura 9: Proposta alternativa de edificação (terceiro modelo)



Fonte: Desenvolvido a partir do software FluxoVentos; foto do acervo pessoal de Vívian Rodrigues (2018).

Desta vez, a terceira e última variação do modelo final se deu nos brises da fachada principal, onde dois deles foram inclinados. Em comparação com os gráficos analisados anteriormente, observa-se uma mudança significativa na ventilação de toda a edificação. A observação e análise é apresentada a partir da Figura 10.

Figura 10 – Proposta alternativa de edificação (terceiro modelo) – comparação das fachadas.



Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software FluxoVentos (2018).

Tendo como base a Figura 9 sendo auxiliado pela Figura 10, constata-se que a inclinação dos brises prejudica bastante a entrada da ventilação, principalmente nas áreas circuladas em azul na Figura 10, onde é notória uma alteração sinuosa na intensidade do vento. Além disso, na Figura 9 se nota que a redução da ventilação é heterogênea para toda área do terceiro modelo, isso acontece por que a inclinação dos brises faz aumentar a área de abrangência em relação à direção da ventilação, criando barreiras, enquanto no segundo modelo alternativo os brises pouco influíram no caminho natural da ventilação. Por tais motivos levantados, não se recomenda a aplicação do terceiro modelo devido a ineficiência energética e sustentável da ventilação.

4. Conclusão

Diante do exposto pode-se observar a importância dos estudos de ventilação no processo de elaboração de projetos, onde pequenas alterações nas aberturas ou orientação dos ambientes irão causar grandes impactos positivos ou negativos no caminho e velocidade dos ventos dentro de uma habitação, o que vai influenciar diretamente na qualidade de vida dos usuários.

Através da análise da planta baixa e suas variações, percebe-se que cômodos mais amplos e com maiores aberturas possibilitam uma maior circulação do vento, assim como, as saídas de ar e suas disposições de acordo com o fluxo de entrada. Em oposição a isso, a formação de quinas vivas, pequenos ambientes e divisórias são elementos que impedem a boa circulação do vento, fazendo com que este se restrinja apenas a um pequeno caminho percorrido na edificação como constatado nos estudos iniciais.

Ressalta-se que a utilização de programas de modelagem e simulação como ferramenta a pesquisa acadêmica e profissional, uma vez que estes podem auxiliar na previsão e na tomada de decisão que abarque a redução de custos e melhoria da qualidade de vida. Observa-se que uma ventilação adequada do ar possibilita condições para as trocas de calor, contribuindo para o conforto térmico melhorando também a eficiência energética formando uma arquitetura mais sustentável.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba pelo suporte a pesquisa acadêmica.

6. Referências

BEDIN, G.; PELISSE, G.; POZZEBON, J. Ventilação cruzada: métodos para melhor eficiência na cidade de Passo Fundo - RS. In: 5 SICS – Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. *Anais ... 2 Fórum de desempenho das edificações*. IMED, 2016.

BERKELEY, L. *Sítio do Lawrence Berkeley National Laboratory*. Disponível em: <http://windows.lbl.gov/comm_perf/Electrochromic/refs/CEC-500-2006-052_FinalReport.pdf>. Acesso em: 1 de abril 2018.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. *Ventilação Natural em Edificações*. Rio de Janeiro, 2010.

BROWN, G.Z.; DEKAY, M. *Sun, wind, and light: Architectural design strategies*. Second edition. New York: John Wiley. 2001.

CARDOSO, C. J. L. *Desenvolvimento da janela eco eficiente*. 2008. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Engenharia Civil – Gestão, Tecnologia e Física das Construções. Universidade do Minho.

CARVALHO, C.V.; MARTHA, L.F.; TEIXEIRA, W. FluxoVento - Um simulador gráfico interativo para o estudo de ventilação em ambientes construídos. *Anais* In: ENCAC - ELACAC. Maceió, Alagoas, 5 a 7 de outubro de 2005.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. *Em busca de uma arquitetura Sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.

E-CIVIL. *FluxoVentos - Programa para análise de ventilação em ambientes*. Disponível em: < http://www.ecivilnet.com/software/fluxovento_analise_ventilacao.htm > . Acesso em: 01/04/2018.

GIFFINGER, R.; GUDRUN, H. Smarter Cities Ranking: An Effective Instrument for the Positioning of Cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, v. 12, p. 7-25, 2010.

GOMES, Rúben D. F. *Estudo e Concepção de Sistemas de Ventilação Natural em Edifícios de Habitação*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.

KANTER, R. M.; LITOW, S. S. *Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities*. Harvard Business School General Management Unit Working Paper 09-141, 2009. Disponível em: < <https://hbswk.hbs.edu/item/informed-and-interconnected-a-manifesto-for-smarter-cities> > . Acesso em: 01/04/2018.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. *Analysis SOL-AR*. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar> > . Acesso em: 01/04/2018.

LAMBERTS, R.; CANDIDO, C.; DE DEAR, R.; DE VECCHI, R. *Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort*, 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3º ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

NEGREIROS, B.D.A. *Análise de métodos de predição de desempenho térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo*. 2010. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

OLIVEIRA, D.S.; SEMAAN, F.S.; PONZIO, E.A. Janelas Eletrocromáticas: uma nova era em eficiência energética. *Rev. Virtual Quim*, v.7, n.1, 336-356, 2015.

PERISSINOTO, Maurício, MOURA, Daniella Jorge de, MATARAZZO, Soraia Vanessa et al. Evaluation of energy efficiency of climatization system in dairy cattle free-stall.. In: encontro de energia no meio rural, 6., 2006, Campinas. *Proceedings* online... Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100023&lng=en&nrm=abn>. Access on: 01 Apr. 2018.

SILVA, I.M.; GONZALEZ, L.R.; SILVA FILHO, D.F. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. *REVSBAU*, Piracicaba – SP, v.6, n.4, p. 35-50, 2011.

SILVA, J. F. DA; SILVA, R. K. A. DA; SANTOS, M. O. DOS; LOPES, M. G. P.; BARROS, I DE O.; MOREIRA, E. B. M.; FERREIRA, H.S. Análise conceitual do Building Information Modeling-BIM e City Information Modeling-CIM e contribuições na construção das cidades sustentáveis. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 02, n. 03, 341-348, 2017.

SORGATO, M.J.; LAMBERTS, R. Análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados para a simulação computacional de ventilação natural, no desempenho térmico de uma edificação residencial unifamiliar. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. *Anais ...* Juiz de Fora, 29 a 31 Outubro 2012.

SORGATO, M.J.; VERSAGE, R.; LAMBERTS, R. *A influência da área de ventilação no desempenho térmico de edificações residenciais*. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Nota Técnica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011b.

SORGATO, M.J.; VERSAGE, R.; LAMBERTS, R. *Sombrear ou não sombrear janelas*. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Nota Técnica, Universidade Federal de Santa Catarina, 02/2011a.

SVENSSON, J. S. E. M.; GRANQVIST, C. G. Electrochromic coatings for "smart windows". *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v.12, n. 391.1985.

SZOKOLAY, S.V. *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Three edition. New York: Routledge, 2014.