

Universidade de São Paulo
Instituto de Arquitetura e Urbanismo

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – CNPq/PIBIC

Relatório Final

A mesa d'água como ferramenta didática para o estudo qualitativo da ventilação natural no ambiente construído.

Orientadora: Karin Maria S. Chvatal

Bolsista: Amanda Cristina Ikegami Rolim

São Carlos 2015

ÍNDICE:

1. Introdução.....	pág 03.
2. Atividades Desenvolvidas.....	pág 04.
3. Desenvolvimento.....	pág 10.
3.1.....	pág xx.
3.2.....	pág xx.
4. Elaboração do Manual Técnico.....	pág 104.
5. Conclusão.....	pág 104.
Anexo I.....	pág 106.
6. Referências Bibliográficas.....	pág 112.

1. Introdução

A presente pesquisa tem por objetivo geral avaliar o potencial de utilização do equipamento mesa d'água como ferramenta didática para avaliação qualitativa da ventilação natural em edificações e no espaço urbano. Pretende-se realizar uma análise mais detida e criteriosa acerca da ventilação natural através da verificação de ensaios realizados na mesa d'água e da elaboração de um Manual para uso do equipamento que inclua um procedimento padrão para os ensaios a serem efetuados e exemplos específicos, tanto para edificações, quanto para o espaço urbano, a fim de promover com maior facilidade o estudo do conforto ambiental na arquitetura.

Uma das funções da Arquitetura é oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (Frota e Schiffer, 2005). No âmbito do conforto térmico nas edificações, segundo Bittencourt (2008) a ventilação é apontada como a estratégia bioclimática mais eficiente para se obter tal condição. A adequação da arquitetura ao clima resulta na racionalização do uso da energia, e em termos projetuais, aliar uma alta eficiência energética a um baixo custo é extremamente importante na atualidade. No Brasil, por exemplo, a ventilação é uma estratégia indicada para sete das oito zonas bioclimáticas presentes e sua aplicação seria de enorme importância visto que, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004) 42% do consumo de energia advém das edificações.

A ventilação é uma parte essencial do design e operação de um edifício, a fim de resultar em um conforto térmico, qualidade adequada do ar interior e significativa economia de energia (Santamouris, 2007). Embora as taxas de ventilação necessárias para cada uma dessas funções seja diferente, as estratégias de ventilação foram desenvolvidas e aplicadas para estas finalidades. O deslocamento do ar através do edifício por diferenças de pressão e densidade pode funcionar de forma simples e eficiente, desde que projetada corretamente para isso.

A visualização de escoamentos de ar é essencial para o estudo adequado da ventilação, e pode ser feita através de simulações computacionais, ou através de equipamentos com modelos reduzidos. A presente pesquisa visa estudar a eficiência de um destes equipamentos, a mesa d'água, um exemplo de grande utilidade para a análise qualitativa das alternativas de ventilação natural *por ação do vento em edifícios*. A simulação desses efeitos ocorre junto a um indicador (contraste) em um circuito, que constitui o campo de observação e ensaio. A solução em contato com a

maquete reduzida possibilita a visualização dos desvios do fluxo de ar (Toledo e Pereira, 2003).

De acordo com Toledo e Pereira (2003), o equipamento possui diversas limitações de análise, entretanto sua utilização ainda compensa pela facilidade e praticidade com que é executado. Recentemente, esse equipamento foi construído no LCA (Laboratório de Conforto Ambiental) do IAU-São Carlos, e se faz de grande importância avaliar seu potencial didático e possíveis alternativas para suas desvantagens.

2. Atividades Desenvolvidas

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre temas mais abrangentes a fim de que se constituísse um panorama geral sobre o assunto. No período de Agosto a Outubro foi feito um fichamento da bibliografia escolhida, o qual inclui uma revisão sobre ventilação natural, sua importância, atuação, tipologia, aprofundamento no caso da ventilação devido à ação dos ventos e um levantamento dos exemplos passíveis de estudo.

A revisão bibliográfica contemplou os conceitos básicos relacionados à ventilação natural devido à ação dos ventos, tanto nos edifícios quanto no espaço urbano. A literatura também apresentou situações de projeto que exemplifiquem estratégias de ventilação natural, como o posicionamento das aberturas em diferentes fachadas e seu impacto na qualidade da ventilação cruzada. A intenção será reproduzir esses exemplos na mesa d'água, portanto foi essencial a obtenção de informações confiáveis sobre como se dá o escoamento do ar nesses espaços.

No período de Novembro iniciou a elaboração do relatório parcial, no qual a primeira parte inclui um texto sobre o panorama geral da ventilação natural na arquitetura atual, a questão da eficiência energética, seu histórico nas construções, como ocorre e sua importância na atualidade.

No período de Dezembro ao começo de Janeiro foi realizado um aprofundamento no estudo da ventilação natural por ação dos ventos. O texto elaborado inclui os princípios do movimento, tipos de ventilação a nível urbano e

residencial e como se representa através de estratégias e esquemas, além dos fatores que a influenciam.

Em Janeiro foi produzida também uma pesquisa sobre os métodos para o estudo da ventilação, incluindo diversas técnicas de visualização de escoamentos, com especial enfoque na mesa d'água, elaborando uma metodologia para ensaios a serem realizados que será testada e avaliada posteriormente. No mesmo mês também foi realizada a escolha dos exemplos e projetos a serem testados nos ensaios, e por fim a produção do relatório parcial do programa institucional de bolsas de Iniciação Científica – CNPq/PIBIC exigido pelo IAU – USP.

A continuidade do cronograma aconteceu conforme previsto onde no segundo semestre foi posta em prática a teoria elaborada na primeira parte da pesquisa. O levantamento bibliográfico e a elaboração de textos acerca do assunto se mostraram muito relevantes para a continuação deste estudo. A seleção dos ensaios a serem realizados baseou-se nos exemplos expostos, que foram representados na mesa d'água a fim de avaliar a veracidade dos testes. A escolha do projeto a ser estudado mais profundamente se baseia em artigos publicados por Toledo (2001), sobre a mesa d'água e apartamentos de tipologia comum, no cenário brasileiro, como os projetos minha casa minha vida. Os testes no equipamento ocorreram com a confecção de um modelo reduzido. Após a realização desses dois ensaios foi também elaborado um manual técnico para o uso do equipamento, com uma avaliação dos melhores métodos e materiais a serem usados, podendo estabelecer um procedimento padrão para uso da mesa d'água.

Previamente aos ensaios foi realizada uma pesquisa e levantamento de informações para averiguar a melhor maneira de se realizar os ensaios. Este estudo prévio buscou examinar a melhor metodologia a ser seguida e a produção dos modelos. Explorar a variedade de materiais e escalas a serem empregadas e as formas de documentação.

A primeira parte dos ensaios visa avaliar diversas situações descritas na literatura pesquisada, como a ocorrência da ventilação em diversos meio, fatores que a influenciam, entre outros. Todas as situações foram ensaiadas e documentadas, a fim de se fazer uma análise comparativa com outros meios de estudo da ventilação natural e assim avaliar o potencial da mesa d'água para tal estudo.

As situações estudadas incluem os exemplos demonstrados na primeira parte da pesquisa, sobre Ventilação Natural. Além disso, também foram propostos novos

exemplos, para avaliar o fluxo de ar estimado. O primeiro ensaio abrangeu a ventilação natural por ação dos ventos em ambientes internos.

A segunda leva de ensaios abrangeu a ventilação natural por ação dos ventos em meio externo, explorando variadas configurações do meio urbano. Teve como base também a pesquisa levantada anteriormente para a escolha dos exemplos a serem testados e ocorreu de maneira semelhante ao primeiro ensaio realizado.

Posterior à intensa pesquisa sobre o equipamento e os ensaios prévios que resultaram em uma maior familiaridade com a mesa d'água, o terceiro ensaio aconteceu de forma a resumir e demonstrar um exemplo real de análise utilizando o equipamento. Embora a metodologia empregada seja semelhante, a partir deste ensaio foi examinado um edifício real, e a configuração da ventilação em seu interior. A escolha para o projeto a ser examinado dependeu dos resultados dos ensaios anteriormente analisados e de um levantamento bibliográfico satisfatório sobre o projeto escolhido. Optou-se por um edifício residencial típico brasileiro, de disposição simples, de um conjunto habitacional que faz parte do programa minhacasa minha vida, localizado em Ribeirão Preto.

CRONOGRAMA

Etapa 1 = Levantamento Bibliográfico.

Etapa 2 = Elaboração parte 1 – Introdução e importância do tema.

Etapa 3 = Elaboração Parte 2 – Ventilação Natural.

Etapa 4 = Elaboração parte 3 – Mesa d'água.

Etapa 5 = Proposta de Ensaios.

Etapa 6 = Produção do Relatório parcial.

Mês	1	2	3	4	5	6
Etapa 1						
Etapa 2						
Etapa 3						
Etapa 4						
Etapa 5						
Etapa 6						

Etapa 7 = Avaliação da Proposta dos ensaios – Pesquisa | Confeção dos modelos | Esclarecimento de Dúvidas.

Etapa 8 = Ensaio 1 e análise dos resultados.

Etapa 9 = Ensaio 2 e análise dos resultados.

Etapa 10 = Ensaio 3 e análise dos resultados.

Etapa 11 = Elaboração do Manual Técnico da Mesa d'água.

Etapa 12 = Produção do Relatório Final.

Mês	7	8	9	10	11	12
Etapa 7						
Etapa 8						
Etapa 9						
Etapa 10						
Etapa 11						
Etapa 12						

ATIVIDADES ASSOCIADAS

Existe também a associação de outras atividades técnico-científicas aliadas ao estudo realizado. Anterior ao início da presente pesquisa ocorreu a atividade de monitoria executada pela bolsista, com a intenção de um pré-aprendizado acerca do equipamento mesa d'água e serviu também para um panorama geral do assunto. Conjuntamente foi produzido um manual técnico prévio do equipamento, que será refeito nesta iniciação, a fim de aprofundar os estudos sobre a mesa d'água. Todos os estudos serão documentados, e o resultado final desta iniciação científica irá auxiliar o estudo da ventilação na disciplina de Conforto Ambiental.

Outra atividade prevista foi à participação em um workshop sobre conforto e ventilação natural, que ocorreu no Instituto de Arquitetura e Urbanismos – USP São Carlos entre os dias 4 e 5 de Fevereiro de 2015, pelo palestrante Dr. Fernando Marques da Silva, engenheiro e pesquisador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal.

O evento contou com palestras e discussões sobre coeficientes de pressão nos edifícios, apresentou estudos de casos de pesquisas desenvolvidas no LNEC e incluiu uma atividade prática sobre o uso da mesa d'água como ferramenta de projeto, assim como a apresentação de um software desenvolvido em seu laboratório que também auxilia o estudo da ventilação natural. A participação neste evento buscou ampliar o conhecimento no assunto e o esclarecimento de possíveis dúvidas na elaboração dos ensaios, sendo fundamental para a segunda parte da pesquisa, onde ocorreu a confecção dos modelos e avaliação dos ensaios.

A primeira palestra “O espirro das árvores” explicou as origens do vento, estudado como um fluido em constante movimento, originado da diferença de pressão nos ambientes, e que advém do efeito estufa. Sua origem pode ser tanto do mar quanto da terra o que varia a temperatura da corrente em questão. Existem diversos fatores que influenciam o cálculo do vento como rugosidades do solo, declividade, disposição de edifícios, materiais envolvidos, etc. Outro ponto importante a ressaltar são as zonas de turbulências que podem ser causadas pelo movimento das correntes de ar e geram zonas instáveis, difíceis de estudar e calcular, como explicado na palestra.

O workshop também ressaltou os contrapontos entre malefícios e benefícios que uma passagem de ar pode causar. Tornados ou outras estruturas meteorológicas muito fortes podem impedir determinadas atividades e serem prejudiciais ao meio. Já uma passagem de ar em velocidade ideal pode ser benéfica tanto para o conforto quanto para a dispersão de poluentes e renovação do ar.

A palestra continuou abordando a problemática do cálculo dos coeficientes de pressão em projetos, e como tal assunto é estudado no LNEC. Para esta discussão foram apresentados também diversos exemplos de projetos já estudados e avaliados no laboratório feitos pelo palestrante Fernando da Silva. Sobre tais ensaios foi possível tirar dúvidas quanto à modelação física dos protótipos, como funciona a consultoria e a fase em que tal estudo se faz necessário, nos estudos prévios do projeto para encontrar melhores soluções ou na análise do projeto pronto.

A atividade prática que envolveu a utilização da mesa d'água serviu principalmente para tirar dúvidas quanto aos ensaios que ainda seriam realizados. Sobre a mesa pode-se confirmar sua praticidade em termos qualitativos, mas também sua deficiência em não determinar velocidades, coeficientes entre outras características quantitativas. Entretanto para visualização dos escoamentos em duas dimensões é bastante satisfatória, e sua aplicação didática na arquitetura é essencial e muito proveitosa. Também foi abordado técnicas para diminuir um possível efeito de turbulência como a utilização de telas para deixar o escoamento de água mais uniforme e laminar.

As perguntas feitas ao palestrante que auxiliaram na confecção das maquetes e nos ensaios posteriores estão listadas abaixo e suas respostas estão explicadas conforme o andamento do relatório.

- As maquetes de estudo teórico precisam de medidas específicas ou basta manter a proporção?
- Quais materiais seriam mais indicados?
- O que a variação de velocidade na água poderia indicar?
- Onde a mesa pode dar um resultado falso?

3. Desenvolvimento

3.1 Importância do Tema

No mundo atual, onde o consumo de recursos naturais atingiu níveis tão extensos, a busca por alternativas eficientes que desprendem menos energia são essenciais para a preservação do planeta. Nesse sentido é relevante frisar a importância da eficiência energética e suas áreas de atuação. No âmbito da arquitetura, uma de suas funções é oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto humano, independente de condições exteriores a isso. Logo, a incorporação do conceito de eficiência energética a prática arquitetônica busca fornecer as mesmas condições de conforto com um desperdício menor de energia.

No período clássico, a arquitetura entendida por Vitruvius se baseava em um espaço habitável que deveria equilibrar questões estruturais, formais e funcionais igualmente, formando um triângulo equilátero. Entretanto, esse conceito muito difundido entre arquitetos historiadores, atualmente, tornou-se atrasado, devido as recentes necessidades de habitar o espaço e minimizar impactos ambientais. “Dessa forma, o triângulo conceitual clássico de Vitruvius pode ser acrescido de um vértice (o da eficiência energética), transformando-se no conceito ideal para a arquitetura contemporânea” (Lamberts, 1997).

Entre os principais métodos para buscar tal resultado, um que se destaca é o da ventilação natural. Apontada frequentemente como uma das técnicas mais eficientes, a ventilação natural não depende de altos custos, apenas boas decisões projetuais e clima favorável.

A ventilação é entendida como o movimento do vento em uma determinada área, onde ocorre a substituição do ar ambiente. A configuração global da circulação do vento (que é parte da circulação na camada atmosférica mais baixa) é afetada por diversos fatores sendo o principal a distribuição da temperatura sobre a superfície da terra. A ventilação natural relaciona-se intrinsecamente com o estado do ar, ou seja, com sua temperatura, umidade e velocidade.

A ventilação pode se dar basicamente através de duas formas: por ação dos ventos ou por diferença de temperatura (Bittencourt, 2008). Quando acontece pela ação dos ventos, ocorre através da diferença de pressões existentes na região, em sentido horizontal, decorrência da ação dinâmica do vento sobre o mesmo. Estas distribuições diferenciadas de pressões dependem, segundo Toledo (1999), tanto da forma e dimensões da edificação como também da direção dos ventos predominantes em relação às suas superfícies, velocidades e tipo de vento incidente. A ventilação cruzada é um exemplo comum desta tipologia de ventilação, e se refere às condições nas quais um dado espaço é ligado por aberturas que apresentam áreas de pressão e sucção do ar.

A ventilação que ocorre por diferença de temperatura, atua com uma logica semelhante. A diferença na temperatura no ar em ambientes distintos resulta em densidades do ar diversas, e conseqüentemente, um deslocamento de ar da zona de maior pressão (mais densa) para a de menor pressão (menos densa) e se estas contemplarem aberturas irá se consolidar um fluxo de ar de uma até a outra. Duas massas de ar, postas em contato, se mesclarão lentamente caso tenham a mesma temperatura. Já com temperaturas distintas geram duas correntes, uma de ar quente, que sobe em um sentido e outra de ar frio que baixa no sentido oposto. Um exemplo abrangente deste tipo de ventilação ocorre em interiores de edificações. Devido aos ganhos de calor (provenientes da excessiva radiação e/ou dos ganhos internos), o ar se torna menos denso, o que ocasiona a sua respectiva ascensão, gerando zonas de sucção as quais serão preenchidas pelo ar exterior vindo de aberturas, criando uma circulação no ambiente.

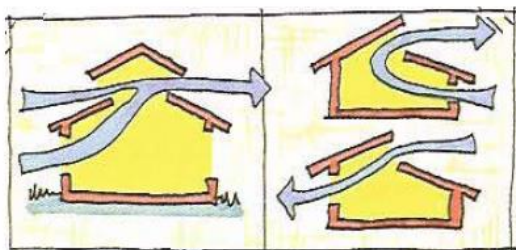


Figura 1 - Representação da ventilação por ação dos ventos.

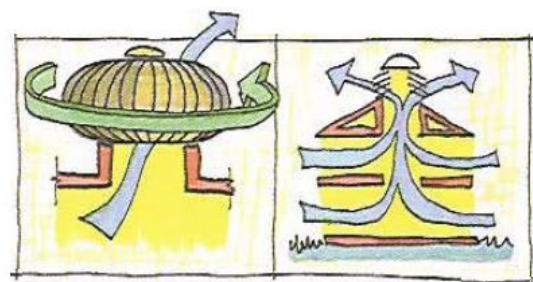


Figura 2 - Representação da ventilação por diferença de temperatura "efeito chaminé".

Desde os princípios da arquitetura, um dos principais objetivos ao projetar um abrigo era selecionar as características desejáveis ou não na habitação. Existem inúmeros exemplos históricos, desde a Roma antiga até a Era da Revolução Industrial, passando pelos mais diversos lugares do mundo, em que sempre foram adotadas varias estratégias que visavam o conforto térmico. Entretanto foi somente após as crises energéticas do século XX que a importância da eficiência energética na arquitetura tomou âmbitos maiores, e atualmente é considerada essencial em qualquer projeto.

Diante de diversas possibilidades para atenuar os efeitos climáticos em uma construção, os que apresentam baixo custo e alta eficiência energética se mostram mais interessantes. Neste contexto o conhecimento do clima aliado a estratégias de conforto térmico é de fundamental importância no âmbito de estudo na arquitetura. A ventilação natural ao funcionar de forma simples, torna-se de extrema importância para a obtenção de sistemas eficientes, amenizando aspectos negativos da construção, desde que projetados corretamente para este fim.

No contexto brasileiro, a ventilação é ainda mais aconselhável visto que segundo a NBR 15220-Parte 3 (ABNT, 2005) é uma estratégia bioclimática indicada para sete das oito zonas bioclimáticas brasileiras. Outro ponto importante é que devido ao custo, praticidade e aplicação, sua utilização é de grande interesse para projetos sociais brasileiros especialmente em habitações unifamiliares populares.

3.2 Ventilação Natural

Intensamente relacionada com o estado físico do ar e sua circulação, a ventilação natural é definida como o movimento do vento em um determinado espaço e pode se entendê-la através dos princípios básicos de movimento do ar. O conhecimento desses fundamentos torna-se necessário pra entender tal fenômeno. Muitas simplificações são usualmente aceitas e precisas ao simular o movimento do ar, sempre o considerando como um fluxo constante e isotérmico por exemplo. O movimento do ar ocorre basicamente através de diferenças de pressões entre duas regiões e pode ocorrer tanto em âmbito externo (escala urbana) quanto interno (escala do edifício).

A diferença de pressão exercida pelo ar pode ser causada pelas forças devido ao vento (pressão dinâmica) ou pela diferença de densidade do ar (pressão estática) ou ainda por ambas as forças agindo em conjunto, (Mascaró, 1991). A força dos ventos que promove a movimentação do ar através do ambiente é denominada ventilação por ação dos ventos. A diferença de densidade provoca o chamado efeito chaminé.

No estudo da ventilação por efeito chaminé consideram-se apenas as diferenças de pressões que advém da diferença de temperaturas do ar interno e externo do edifício, sem levar em conta as pressões surgidas a partir de forças externas. Logo este efeito nada mais é que um processo de convecção natural.

Os ambientes internos obtêm calor devido às atividades como iluminação, dispositivos de ventilação artificiais ou a própria ocupação do ser humano. Os ganhos de calor que o ambiente se submete resultam em um aumento de temperatura do ar contido no interior. Quanto mais quente o ar, menor sua densidade, logo apresenta uma tendência natural a ascensão. Se a disposição das aberturas estiver correta para um ventilação adequada (com uma abertura próxima ao piso e outra localizada no teto ou adjacente a ele) esta tendência natural de ascensão irá gerar uma corrente de ar dentro do ambiente. O ar mais aquecido irá subir e sair para o meio externo enquanto que o ar exterior, cuja temperatura é menor e a densidade maior vai adentrar o ambiente pelas aberturas localizadas próximas ao piso, originando o fluxo de ar.

Para proporcionar uma renovação de ar mais significativa, o fluxo de ar será mais intenso quanto maior for a distancia entre as duas aberturas. É preciso evitar também bolsões concentrados de ar aquecido próxima a abertura projetada para a saída de ar, sob o risco de ocorrer uma estagnação do ar interno.

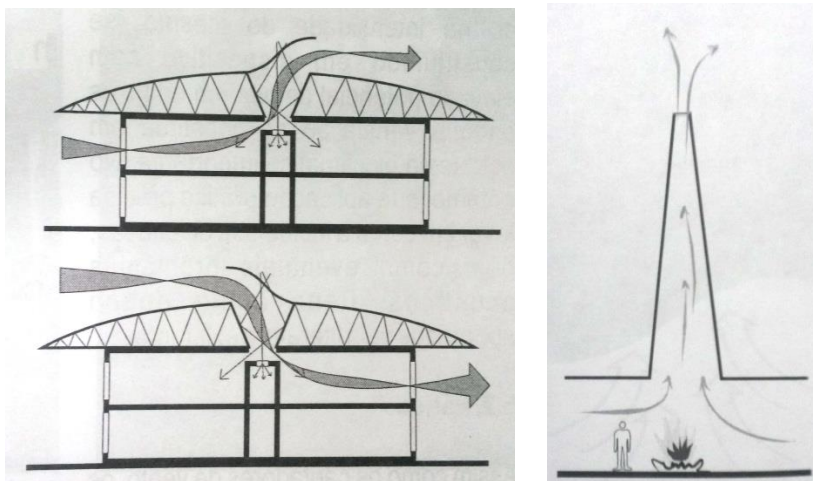


Figura 3 e 4 – Exemplos esquemáticos de ventilação por efeito chaminé.

O **foco da pesquisa, entretanto é a ventilação que ocorre no interior das edificações**, mais especificamente a que acontece por **ação dos ventos**. Considera-se o vento como o ar que se desloca paralelamente ao solo em movimento lamelar, ao encontrar um obstáculo – o edifício, e sofre um desvio, depois tendendo a retornar seu percurso usual, (Frota, 2001).

A distribuição das pressões sobre o edifício depende da direção dos ventos com relação ao conjunto e do fato de estarem expostas a correntes de ar ou protegido. As paredes que estiverem expostas ao vento estarão sujeitas a pressões positivas e as não expostas, a pressões negativas.

As correntes naturais de ar das quais se obtêm a ventilação ocorrem por meio de aberturas convenientemente orientadas na direção predominante dos ventos locais. Uma na direção do vento incidente, chamada boca de entrada e outra no lado oposto denominada boca de saída. O exemplo mais difundido dessa passagem de corrente é a ventilação cruzada, a qual se refere as condições nas quais uma dado espaço é ligado por aberturas as áreas de pressão e sucção do exterior. Geralmente, a expressão ventilação cruzada é usada livremente para denominar o espaço que tem mais de uma abertura para o exterior, independente de sua posição em relação ao vento. Isto terá resultados negativos. Somente denominamos de cruzada quando a corrente segue no sentido da maior pressão para a de menor pressão.

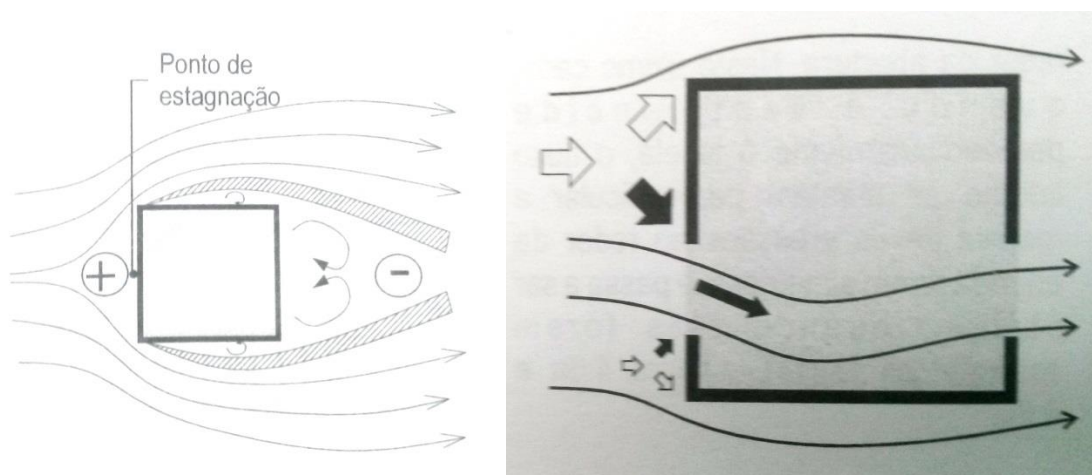


Figura 5 e 6 – Representação da ventilação por ação dos ventos.

Quando a ventilação natural de um edifício é criteriosamente estudada, verifica-se a conjugação dos dois processos. No entanto, a simultaneidade dos processos pode resultar na soma das forças ou pode agir em contraposição e prejudicar a ventilação nos ambientes, (Frota, 2001). Para saber a ocorrência de uma ou outra situação depende da análise de cada caso especificamente.

Segundo Frota e Schiffer (2001) para estudar tal ocorrência é necessário que se analise previamente, do ponto de vista qualitativo, cada processo separadamente, a fim de observar se os dois mecanismos de ventilação não estão ocorrendo em oposição, isto é se a ação do vento esta realmente funcionando no sentido de proporcionar um incremento na ventilação do recinto. Esta análise parte da observação das aberturas de saída de ar quando submetidas a ação do vento predominante. Entretanto se a observação concluir que não esta ocorrendo um incremento na ventilação interna, será necessária a reformulação do projeto, onde deverá ser feito uma nova proposta de disposição de aberturas de modo que a ventilação no recinto tenha uma melhor eficiência.

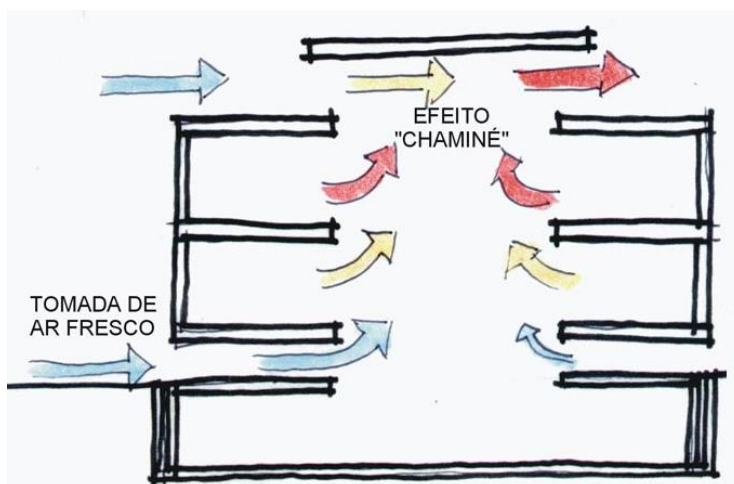


Figura 7 – Representação de ambos os processos agindo simultaneamente.

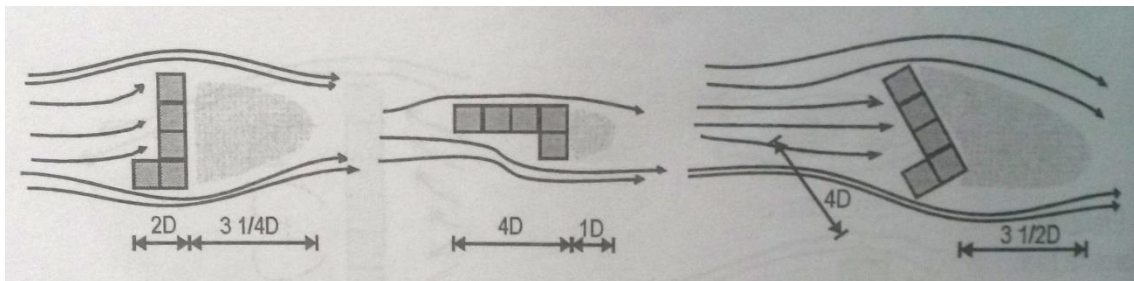
Uma vez em movimento, as correntes de ar tendem a permanecer em movimento, continuando a mesma direção, até serem desviadas de seu caminho. Ao atravessar um espaço limitado por obstáculos, o escoamento é submetido a ganhos e perdas. As perdas de pressão podem ser causadas pela fricção no interior das superfícies do ambiente, elementos topográficos, vegetação, construção, etc., causando bruscas mudanças de velocidade e direção e conseqüentemente perda de energia cinética com redução de velocidade.

A **nível urbano** a eficiência da ventilação depende intrinsecamente da forma do extrato urbano, sua posição relativa em relação a direção do vento dominante e a distancia entre eles. Para uma ventilação satisfatória em edifícios seriados, é necessário uma distancia correspondente entre eles. Isso pode resultar em pouca densidade de ocupação do terreno e expõe os edifícios a ações intensas de elementos climáticos.

No estudo da ventilação em âmbito urbano foram identificados diversos efeitos, cada qual dependendo de uma configuração diferente da malha urbana como, por exemplo, o efeito barreira, o efeito Venturi, pirâmide, esteira entre outros. Outras variáveis anexas, como a presença de vegetação ou a variabilidades dos materiais que compõe o conjunto também altera o escoamento da corrente de vento.

Um erro frequente na avaliação do fluxo de ar no interior de uma construção provem da falta de conhecimento do efeito das construções vizinhas no movimento do ar. O tecido urbano pode reduzir drasticamente a velocidade do vento devido a alta rugosidade da estrutura urbana e deflexões causadas por estruturas localizadas próximas ao local que se estudar. As modificações de campos de pressão das construções implicam em mudanças nas características do escoamento de ar nos espaços arquitetônicos, (Bittencurt, 2008).

Estes parâmetros determinados como o arranjo das construções, sua configuração ou a presença de diversos obstáculos influenciam no perfil do vento incidente, e apresentam papel relevante no estudo especifico da ventilação de um determinado edificio e devem sempre ser levados em consideração em qualquer estudo.



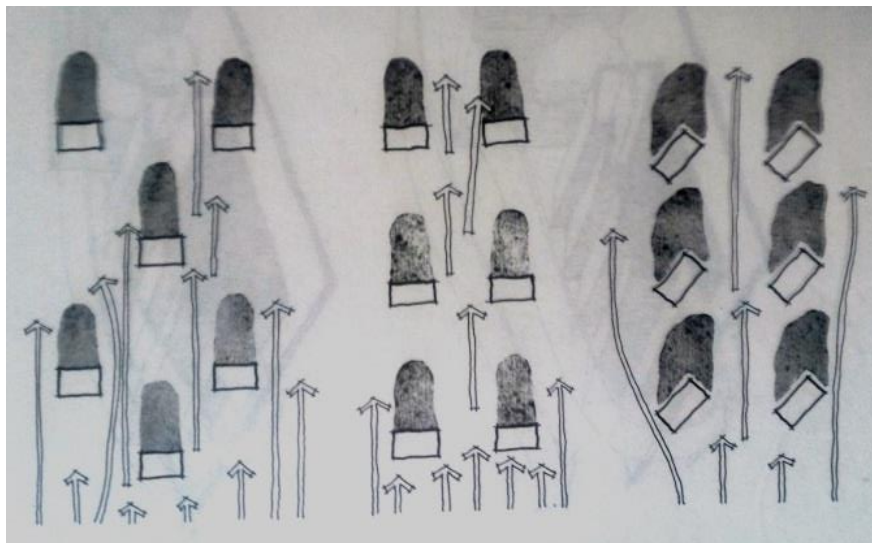
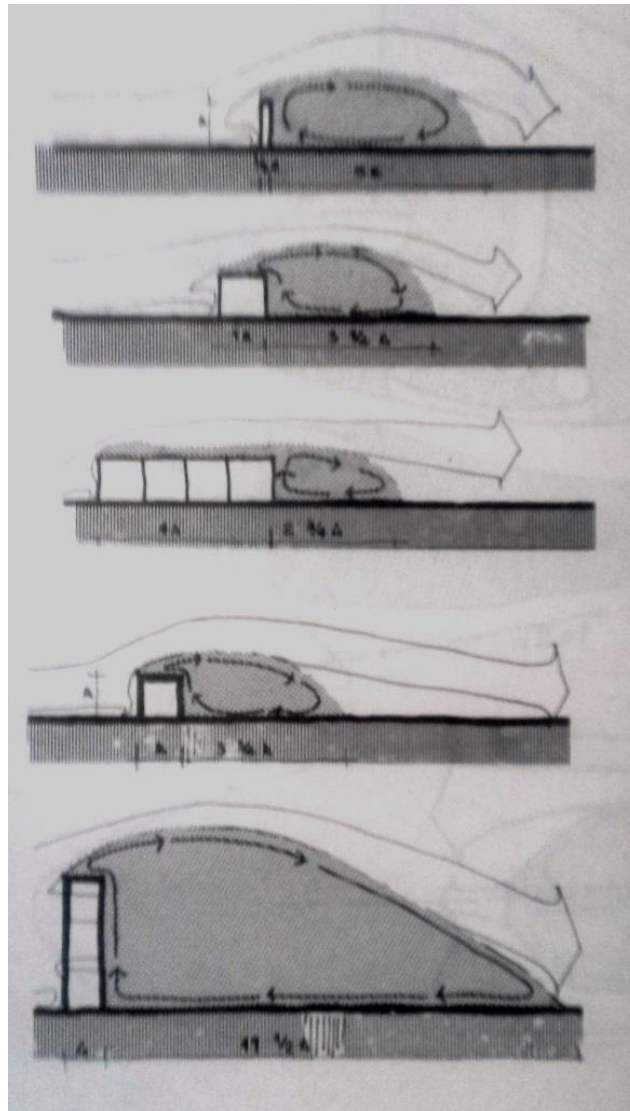


Figura 8 – Diferentes resultados de ventilação para cada projeto de implantação do edifício.

FATORES QUE INFLUENCIAM A VENTILAÇÃO NATURAL POR AÇÃO DOS VENTOS EM AMBIENTES INTERNOS.

A configuração do fluxo de ar no interior de uma construção é determinada por quatro fatores principais, direção externa do vento, o tamanho e a localização das aberturas de entrada do ar na parede, o tipo e a configuração das esquadrias utilizadas e a localização de outros componentes arquitetônicos nas proximidades das aberturas, tais como divisórias internas, painéis verticais ou horizontais adjacentes, entre outros.

Tamanho e forma da abertura.

O tamanho e o formato da abertura influenciam principalmente na velocidade e distribuição do fluxo de ar. É sempre importante considerar estes fatores em um projeto. Entradas de ar maiores que as saídas, por exemplo, reduzem o fluxo de ar porque parte da energia cinética produzida é transformada em pressão ao redor das aberturas de saída. Quando as construções apresentam aberturas de entrada e de saída iguais, a média da velocidade interna de ar varia em função da porosidade da construção, proporcionalmente.

A decisão de se produzir uma distribuição uniforme do movimento de ar ou um jato concentrado depende dos requisitos específicos de cada projeto. Se o ambiente é usado em espaços concentrados, um fluxo direcionado de jatos pode ser uma opção mais interessante, como acontece em quartos por exemplo. Contudo, espaços com um uso mais flexível em toda a área do ambiente demanda uma distribuição de ar mais abrangente.

Quanto ao formato a direção principal também influencia. Segundo pesquisas, para uma ampla circulação de ar, mais apropriada à sensação de conforto térmico, as aberturas em sentido horizontal são as mais indicadas, considerando a mesma metragem quadrada. O formato horizontal “apresenta maior rendimento médio para todos os ângulos de incidência oblíqua do vento”, (Bittencurt, 2008).

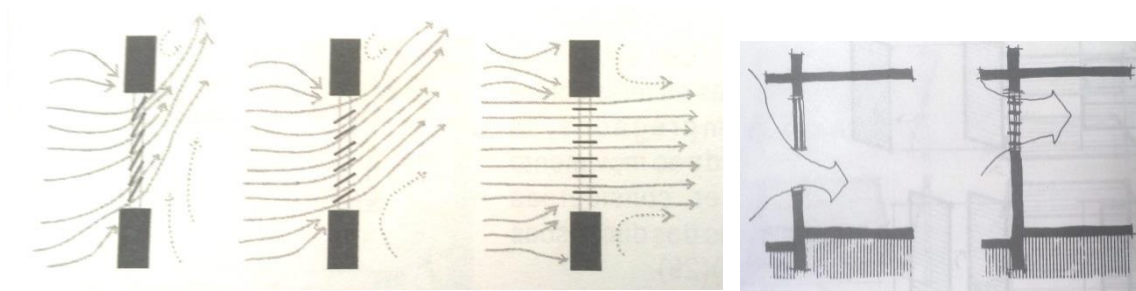


Figura 9 e 10 – Variação quanto ao tamanho e a forma, demonstram a variação do fluxo de ar que penetra no ambiente.

Tipologia

A escolha do tipo das esquadrias para uma construção depende da função particular de cada espaço. “Afora os aspectos ambientais (ventilação, iluminação natural, controle do som, da chuva e do sol) existem outros igualmente importantes, tais como aspectos plásticos e estéticos, custos, vista da paisagem, privacidade e segurança”, (Bittencurt, 2008).

Em construções de clima quente, como no Brasil, por exemplo, é comum a utilização de elementos vazados devido a necessidade de um fluxo permanente ou soluções móveis, como esquadrias basculantes com folhas de venezianas, devido a possibilidade de ajustes na função, pois inclinam em função da posição da folha da janela. Qualquer que seja a tipologia adotada, um alto grau de porosidade é desejado no ambiente.

É importante observar também que quando elementos vazados, grelhas, venezianas ou telas contra insetos são empregados, é necessário reconsiderar as dimensões das esquadrias, pois as telas oferecem resistência ao movimento do ar. Como reduz bastante sua velocidade, a maioria dos habitantes de áreas litorâneas quentes e úmidas, (principalmente no Brasil) prefere o fluxo de vento sem telas à proteção de insetos proporcionada pelas mesmas.

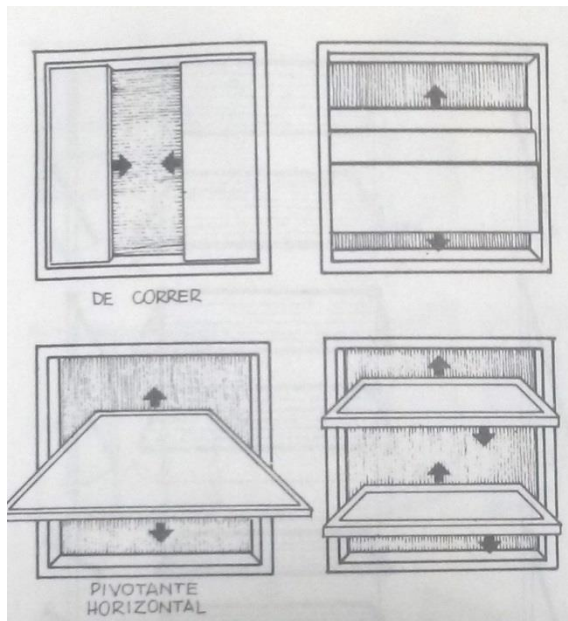


Figura 11 – Diferentes tipologias permitem diferentes fluxos no ambiente.

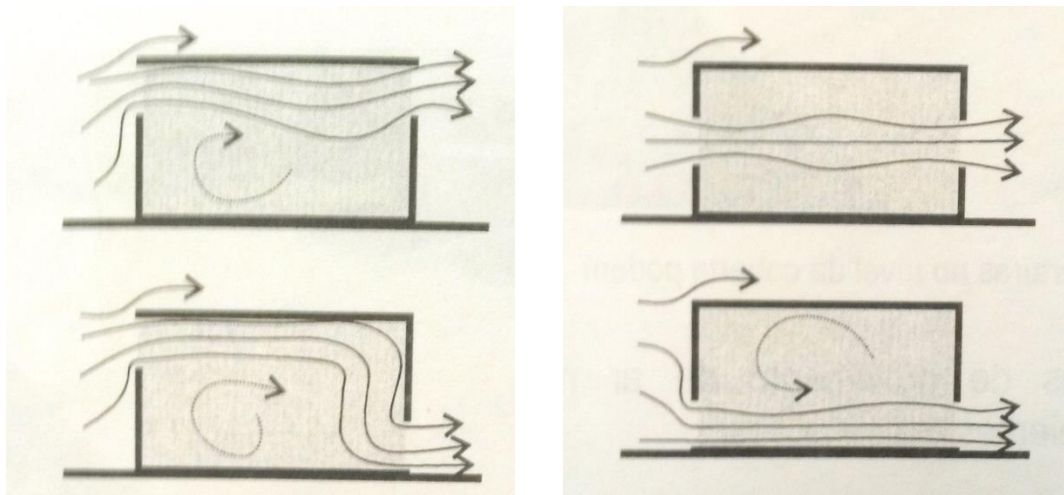
Localização

O planejamento das aberturas de entrada é vista como a estratégia mais eficiente para definir o componente direcional do fluxo do ar, pois determina os vetores das forças que afetam o ar incidente. A localização das aberturas em função da direção do vento é de fundamental importância quando se projeta considerando a ventilação como estratégia bioclimática.

Geralmente aberturas distribuídas em diferentes fachadas aumentam o potencial da ventilação, pelo fato de resultar em diferentes gradientes de pressão no mesmo ambiente. A ventilação cruzada, por exemplo, é otimizada em ambientes com aberturas em três fachadas diferentes, embora espaços com tal conformação sejam raros. Aberturas seriadas, se alinhadas ao vento incidente predominante, também são opções muito eficientes, embora varie em função da distância entre as aberturas.

A localização das aberturas também pode ocorrer no nível do telhado, sob a forma de captadores de vento. Existem diversos exemplos, e baseiam-se no princípio de que a velocidade no topo da construção é maior, gerando uma zona de baixa pressão que tende a sucção do ar no interior do ambiente, criando pontos de exaustão em espaços grandes. Se usado em conjunto com outras estratégias de ventilação proporcionam taxas boas de movimento do ar. Pelo seu baixo custo projetual e seus

usos eficientes são estratégias importantes a serem usadas em países em desenvolvimento.



Figuras 12 e 13 – Representação de diferentes posicionamentos das aberturas.

Vegetação

Devido a grande diversidade vegetal, e sua possível localização próxima as aberturas, a vegetação como estratégia auxiliar a ventilação apresenta alta variabilidade. Dependendo do tamanho, da densidade ou da distância de sua localização, o extrato vegetal pode ou não ter grande influência no fluxo de ar no interior do edifício.

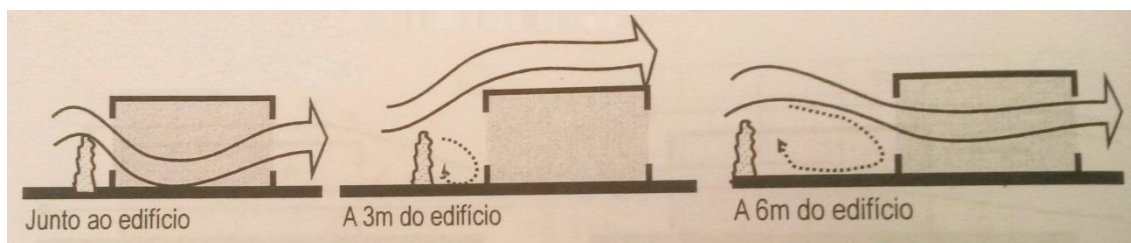


Figura 14 – Exemplo onde a vegetação possui grande influência na ventilação do interior do ambiente.

Elementos adjacentes às aberturas

Elementos verticais podem ser representados por elementos estruturais como extensões de paredes internas ou até mesmo prolongamentos ou brises. Dependendo de sua dimensão e posição em relação a abertura, os resultados podem ser bem positivos. Ao criar um bloqueio a diferença de pressão gerada pode tanto acentuar a ventilação existente quanto obstruir a passagem, mudando a configuração do fluxo interno. Quando a incidência de vento for oblíqua, elementos verticais são extremamente eficazes, pois desviam o fluxo que seria refletido para dentro do edifício.

Elementos horizontais incluem beirais, varandas, marquises ou até brises. Quando possuem grandes dimensões são muito eficazes no que tange ao conforto térmico em geral, pois também selecionam os raios solares. Podem ser utilizados individualmente ou combinados com outros elementos, e são muito eficientes para redirecionar o fluxo de ar para o espaço interno.

A presença de partições nos espaços arquitetônicos como divisões internas modifica o padrão do fluxo de ar dependendo da localização das aberturas. Além de uma distribuição inapropriada, pode também causar uma queda na velocidade, pois constitui um obstáculo muito presente no ambiente. Se seu uso for inevitável, uma alternativa geralmente utilizada é adicionar porosidades em partes da parede, permitindo ainda uma ventilação mínima.

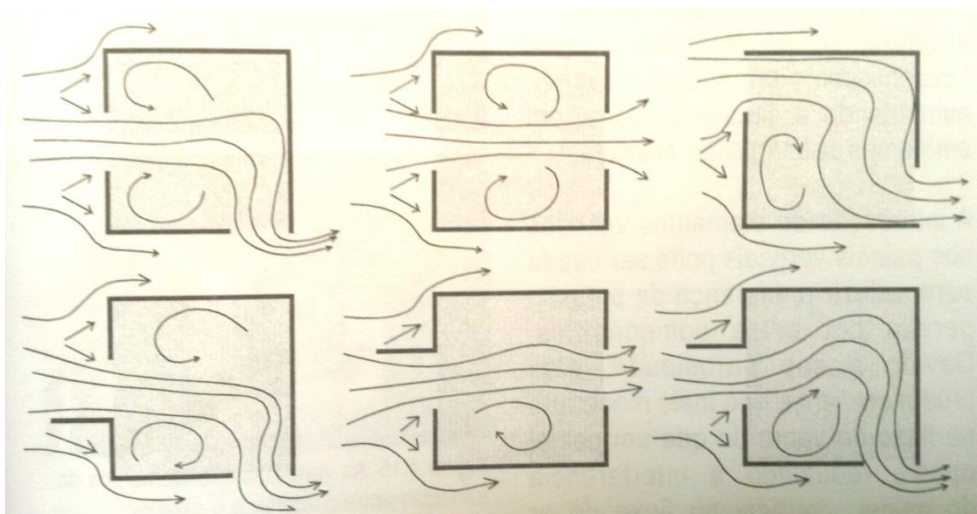


Figura 15 – Exemplo de um componente vertical externo que altera a fluxo de ar no interior do ambiente.

Componentes arquitetônicos captadores de vento

Para auxiliar a ventilação natural na edificação, diversos projetos apresentam captadores de vento que funcionam aumentando o movimento do ar interior ou adjacente a edificação. Elementos como torres verticais, shed, pátios internos, peitoril ventilado, pérgulas e pilotis são importantes estratégias arquitetônicas no âmbito do conforto térmico. Alguns trabalham criando zonas de baixa pressão que forçam o fluxo de ar em uma direção, aumentando sua velocidade, enquanto outros funcionam somente diminuindo obstáculos ou aumentando a porosidade da edificação, o que igualmente auxilia na ventilação natural.

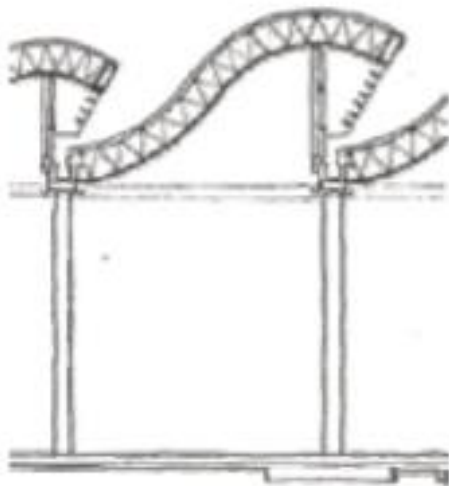


Figura 16 – Um shed, exemplo arquitetônico para captação de vento.

3.3 Mesa D'Água

MÉTODOS E TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DE ESCOAMENTOS

O desenvolvimento de variadas técnicas para visualização de escoamentos advém de um grande interesse e aplicabilidade em diversas áreas de estudo de fluidos. Os métodos proporcionaram facilidades nas pesquisas devido ao baixo custo operacional e da possibilidade de visualização instantânea e dinâmica do escoamento.

A variação dessas técnicas pode acontecer tanto na distinção entre as formas de escoamento quanto ao método utilizado para que o experimento aconteça.

A visualização da direção e do contorno do escoamento se apresentam três formas distintas. **As linhas de corrente** são entendidas como linhas uniformes que correspondem sempre à direção do vetor velocidade a um dado momento naquele fluido. **As linhas de partículas** são linhas que unem todas as partículas que transitaram por um mesmo ponto. Já **as trajetórias de partículas** são formadas pelo caminho seguido por uma só partícula. Essas definições podem coincidir a depender do projeto utilizado no escoamento. Por exemplo, linhas de corrente e trajetórias coincidem em escoamentos permanentes, porém são distintas em escoamentos variáveis (BLESSMANN, 1990).

Existem diversos métodos empregados nesses estudos, contudo o principal indicado para o estudo da ventilação natural é o método do traçador o qual ocorre por meio de técnicas de injeção direta do indicador no fluido, reação química ou controle elétrico. Os indicadores utilizados em meio líquido ou gasoso para a visualização de áreas contínuas são as tinturas, pigmentos, óleos, bolhas de sabão, partículas luminosas, serragem, pó de alumínio e baquelite. O método do traçador e a técnica de injeção direta são os mais adequados para experimentos analógicos com ventilação natural de edifícios, em meio líquido, por utilizarem baixas velocidades de escoamento (até 2 m/s), as quais são mais adequadas para escoamentos incompressíveis. (MERZKIRCH, 1987).

Os outros métodos experimentais, entretanto, não são tão indicados para estudos da ventilação natural, o método óptico, por exemplo, é mais utilizado para escoamentos compressíveis e de alta velocidade, opostos aos considerados nos experimentos habituais com ventilação natural dos edifícios. O método de tufo, por meio das técnicas de superfície, profundidade e malha, apresenta bons resultados visuais, mais sua avaliação da ventilação ainda é limitada.

MÉTODOS PARA O ESTUDO DA VENTILAÇÃO

A disposição do fluxo de ar é usualmente estudada através de observações no modelo reduzido ou bidimensional em um meio que permita a passagem de um indicador. O meio pode se apresentar líquido (água) ou o próprio ar, desde que o

equipamento possua limites. Blessmann (1990), constatou que os efeitos visuais como desvio do fluxo, formação de vórtices e esteiras em meio líquido são muito semelhantes aos verificados em experimentos aerodinâmicos.

Estas observações podem ocorrer em dispositivos conhecido como túnel de vento, capaz de simular a ventilação em maquetes das edificações, ou através de programas computacionais baseados nas equações fundamentais da mecânica dos fluidos. Existem também os equipamentos hidráulicos tradicionais, encontrados em laboratórios especializados e utilizados para a quantificação e visualização dos efeitos do escoamento de fluidos em meio líquido. Entre estes últimos se encontra o equipamento conhecido como mesa d'água, objeto de estudo desta pesquisa que utiliza o escoamento da água com espuma para visualizar o comportamento do fluido ao passar através de maquetes bidimensionais.

A mesa d'água funciona baseando-se nos princípios de que tanto a água como o ar são governados pela mesma dinâmica dos fluidos, apesar de possuírem densidade e viscosidade diferentes. Em suas pesquisas Baturin (1976) constatou que a observação do escoamento é muito mais fácil na água do que no ar especialmente os efeitos de turbulência. Altafini (1980) percebeu que escoamentos a altas velocidades de ar são facilmente reproduzidos no escoamento análogo de água a baixas velocidades, o que resultaria numa semelhança de qualidade com mais facilidade de aplicação.

É muito útil como ferramenta auxiliar para se comparar as diferentes alternativas de projeto, e ressalta a importância dos estudos visuais na arquitetura. Entretanto sua aplicação em pesquisas apresenta varias limitações. Sendo a principal a visualização apenas bidimensional do escoamento, e não tridimensional como em outros equipamentos.



Figura 17 – Mesa d'água



Figura 18 – Mesa d'água

MESA D'ÁGUA:

A mesa d'água é um exemplo de equipamento que permite o estudo da ventilação natural atuante nas edificações. Permite a simulação desses efeitos em um modelo analógico a fim de se fazer uma análise qualitativa da ação do vento. Ela consiste em um equipamento do tipo hidráulico formado por uma placa de vidro transparente (mesa) sobre a qual a água escoa em velocidade uniforme, junto a um indicador (contraste) em um circuito, que constitui o campo de observação e ensaio. A solução em contato com a maquete reduzida possibilita a visualização dos desvios do fluxo, bem como da formação de vórtices e esteiras. Esta parte principal se estrutura sobre rodízios e niveladores, que permitem seu deslocamento. Também compõe o equipamento um sistema hidráulico, outro elétrico, reservatórios e tubulações.

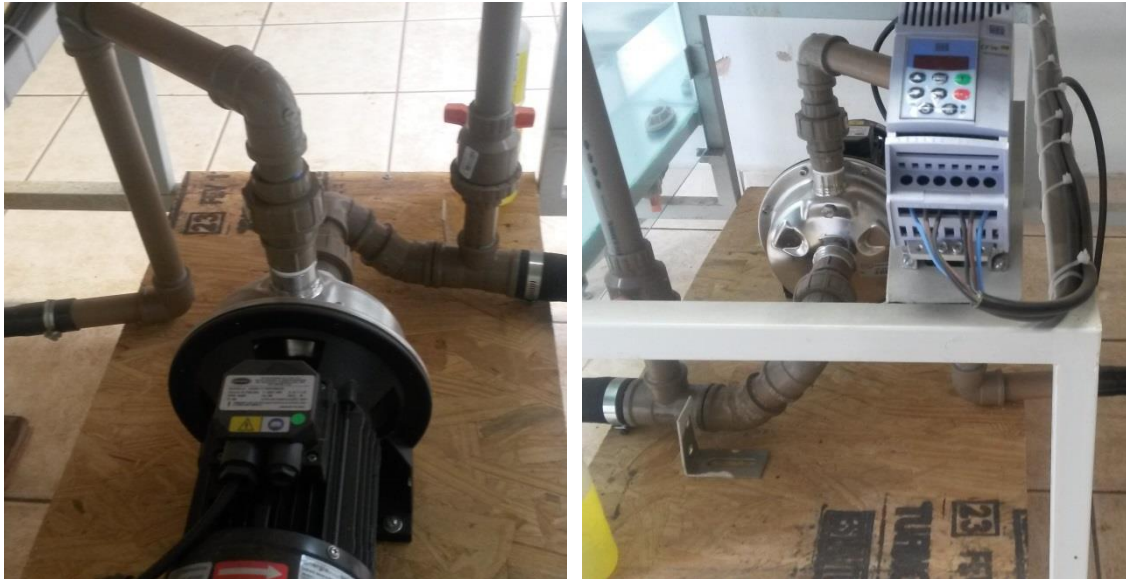


Figura 19 e 20 –Sistema Hidráulico com encanamentos e Sistema Elétrico de controle.

Sua utilização é uma maneira simples e interessante para compreender a ventilação natural e avaliar projetos quanto à implantação, volumes e orientação propostos. Auxilia também a projetar situações específicas de dimensionamento de aberturas e obter soluções estratégicas. Ajuda a compreender gráficos e efetuar possíveis correções projetuais, demonstrando sua força como ferramenta didática no curso de arquitetura e urbanismo. É importante fazer a análise em questão com conhecimento prévio da implantação, entorno, predominância dos ventos na região, barreiras externas e internas, etc. Pode ser aplicada tanto para estudo e discussão acerca de um edifício já existente, ou para decisões quanto à forma, orientação, entorno ou verificação de estratégias utilizadas em novos projetos.

De acordo com Alexandre Toledo (O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios, 2003), há a necessidade de estudos acerca do equipamento e possíveis alternativas para suas desvantagens. Contudo o equipamento ainda compensa em questões como custo e praticidade, pois permite uma visualização instantânea e clara dos resultados, e ainda permite o registro fotográfico dos experimentos com câmara digital facilitando a análise posterior dos efeitos do escoamento. Dentro desse contexto surge o objetivo da pesquisa que se funda em avaliar o potencial didático do equipamento.

METODOLOGIA DOS ENSAIOS

A metodologia proposta para os ensaios a serem realizados foram baseadas no artigo publicado por, Toledo e Pereira (2003), sobre a visualização analógica da ventilação natural pela ação do vento em edifícios residenciais em Maceió, na mesa d'água. A metodologia adotada consistiu em quatro etapas:

ETAPA 1: seleção dos edifícios com as características desejadas para estudo.

ETAPA 2: confecção dos modelos bidimensionais reduzidos – explorando diversos materiais e escalas, de acordo com a melhor maneira de visualização na mesa d'água.

ETAPA 3: realização dos ensaios.

ETAPA 4: análise dos resultados – com o auxílio de registro fotográfico, analisar como ocorreu a ventilação natural no projeto, como o equipamento se comportou e a partir do resultado avaliar a mesa d'água.

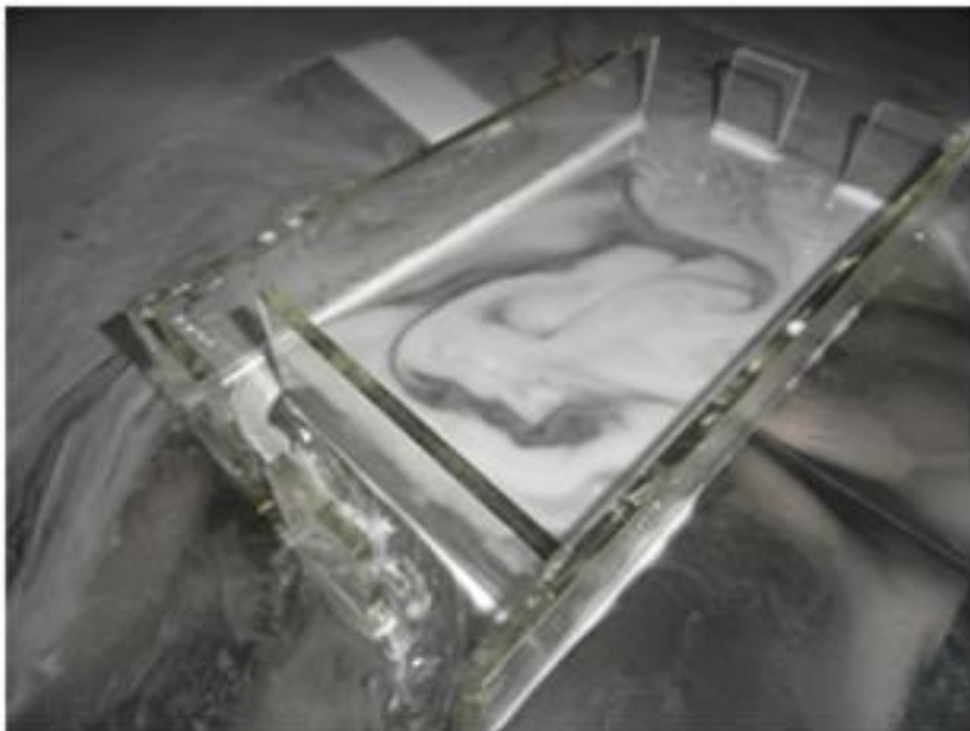
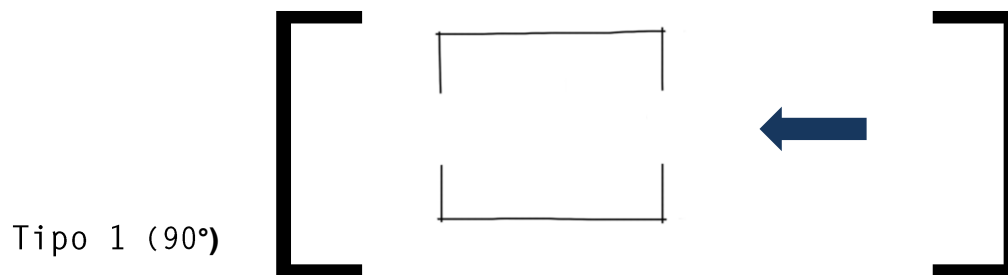


Figura 21 – Ensaio no equipamento.

3.4 ENSAIOS REALIZADOS_ ENSAIOS AMBIENTES INTERNOS

LOCALIZAÇÃO DAS ABERTURAS

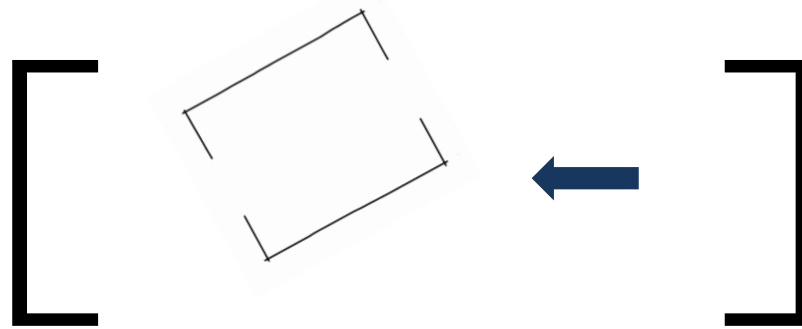
TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM PLANTA.



O ensaio com visualização em planta mostra uma tipologia de ventilação cruzada, e sua configuração na mesa d'água se apresenta fiel a vista na bibliografia pesquisada. Podemos observar um fluxo direto de ar por entre as aberturas, que na mesa se configura com uma espuma mais densa, já que em termos quantitativos o fluxo é maior. Temos também a formação de pequenos vórtices adjacentes ao fluxo principal, o qual permite uma pequena ventilação no restante do ambiente.

Neste resultado a mesa d'água se mostrou eficiente, e através do contraste e intensidade da espuma é perceptível a qualidade da ventilação na tipologia apresentada. O ambiente exemplifica como a ventilação cruzada e direta é boa em termos de circulação de ar, embora dependendo da intensidade do vento possa ser prejudicial para o conforto do espaço interno.

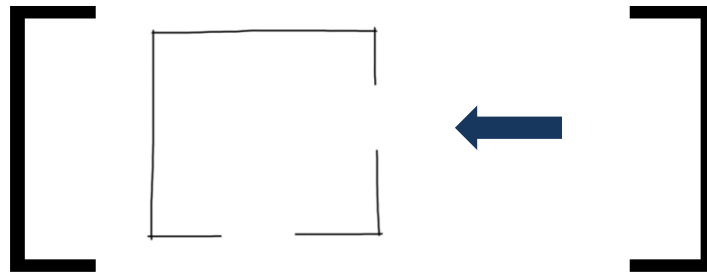
Tipo 1 (45°)



Este ensaio estuda a possibilidade de alterar a incidência do vento na tipologia 1, buscando talvez uma melhor circulação de ar no ambiente interno. Sua visualização se apresenta igual à bibliografia pesquisada. Observa-se que o fluxo direto apresenta um leve desvio, devido à incidência em 45°, tornando a ventilação nos ambientes adjacentes ao fluxo principal diferente, pois se forma um vórtice maior de um lado e uma circulação menor do outro.

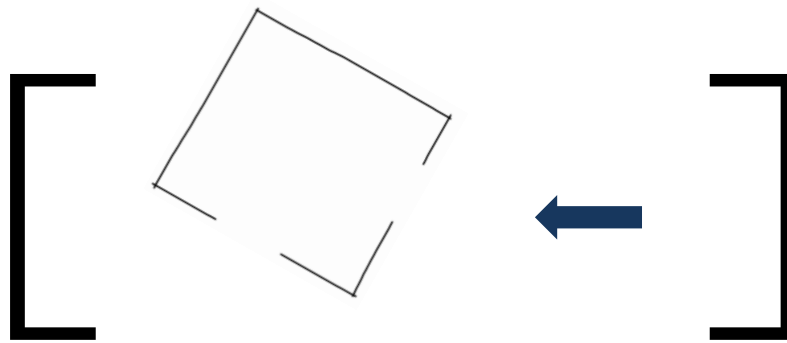
A mesa d'água se mostrou eficiente neste ensaio, visto a semelhança com o resultado esperado. Pelo contraste é perceptível a diferença quantitativa de ventilação, embora não possa ser medida. O ambiente apresenta uma boa circulação no espaço interno, exemplificando uma tipologia que poderia ser amplamente utilizada.

Tipo 2 (90°)



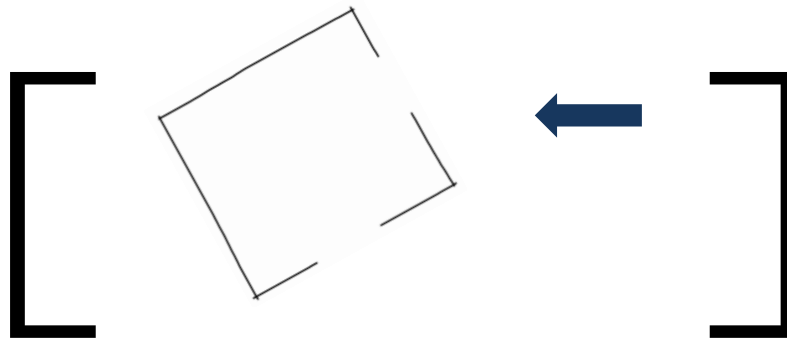
Este tipo de visualização em planta mostra aberturas em paredes adjacentes, com uma distancia considerável. Ainda que o fluxo mais intenso e direto se apresente em formato de L, o restante do ambiente ainda demonstra uma boa circulação de ar, perceptível pela presença da espuma menos densa. Neste resultado a mesa d'água se mostrou eficiente, apresentando-se fiel a bibliografia pesquisada.

Tipo 2 (45°)



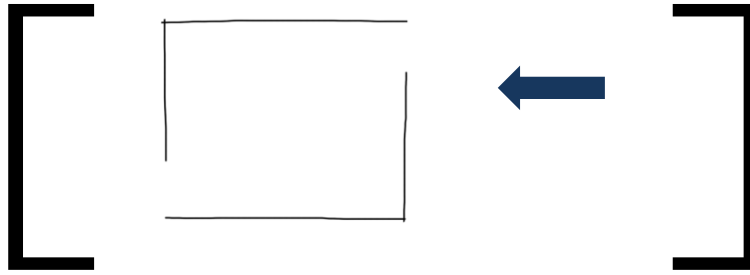
Este ensaio continua a mesma tipologia anterior, mudando a incidência do vento a fim de se comparar e avaliar a circulação resultante. Nessa visualização o fluxo mais intenso perde o formato em L, se apresentando mais como um arco. Com esta inclinação a circulação de ar no restante do ambiente perde intensidade, ainda que o espaço permaneça bem ventilado. Entretanto o fluxo principal ganha ainda mais proporção, o que pode se fazer desconfortável no espaço. A mesa d'água se mostrou eficiente e fiel à bibliografia pesquisada.

Tipo 2 (45°)



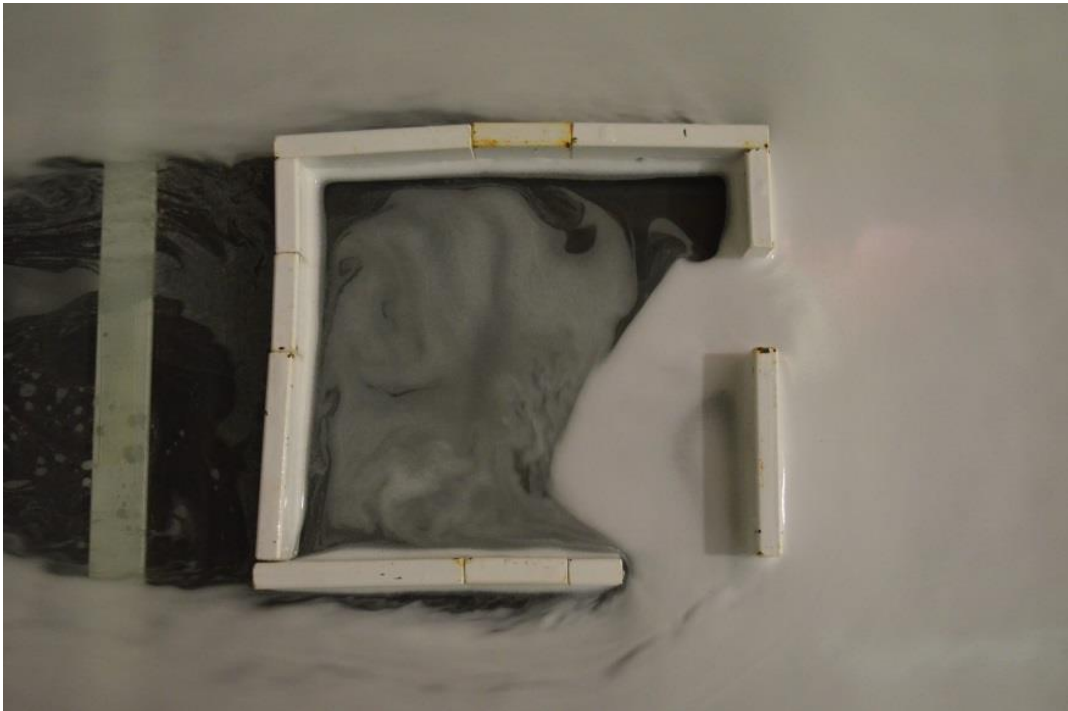
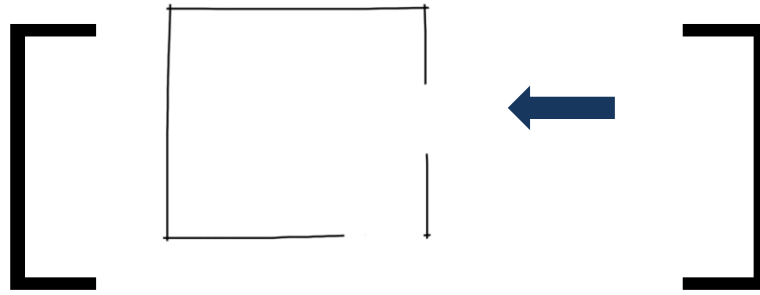
Este ensaio continua a mesma tipologia anterior, mudando a direção da incidência de 45° da corrente de vento, a fim de se comparar e avaliar a circulação resultante. Nessa visualização o fluxo mais intenso perde o formato em L, se apresentando como um arco, de forma mais extensa que no ensaio anterior, abrangendo uma área maior do ambiente. Com esta inclinação a circulação de ar no restante do ambiente ganha mais intensidade, e o espaço permaneça bem ventilado. A mesa d'água se mostrou eficiente e fiel à bibliografia pesquisada.

Tipo 3 (90°)



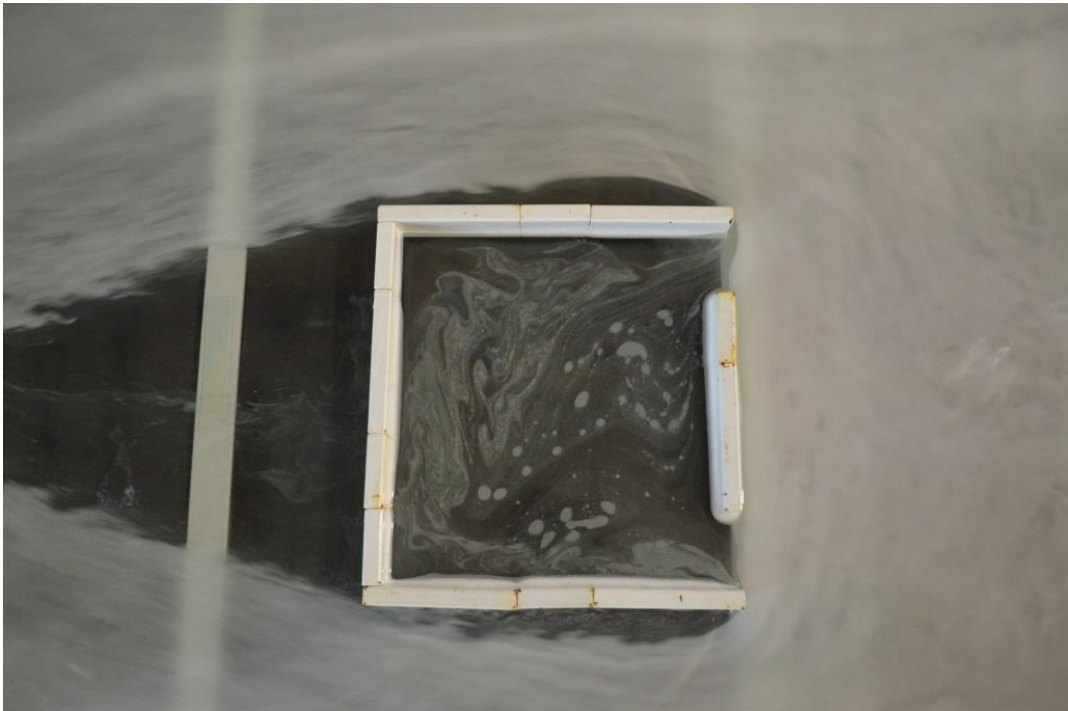
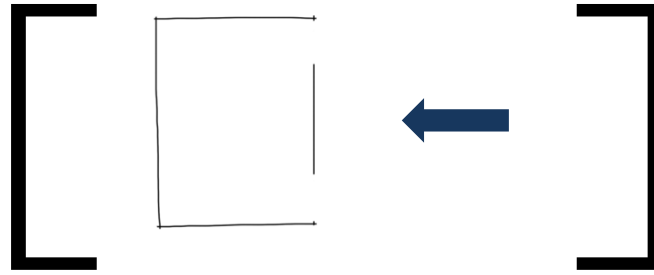
A tipologia apontada apresenta ventilação cruzada através de aberturas deslocadas, o que permitiria uma maior circulação de ar no ambiente. Pela visualização da mesa d'água a ventilação no restante do ambiente não é tão intensa, e se concentra no fluxo principal de ar em formato de L, seguindo as paredes adjacentes. O ensaio se apresenta fiel à bibliografia, visto que o vórtice de circulação que se mostra no restante do espaço apresenta visualização clara no resultado do ensaio, embora menos intensa que a do fluxo principal.

Tipo 4 (90°)



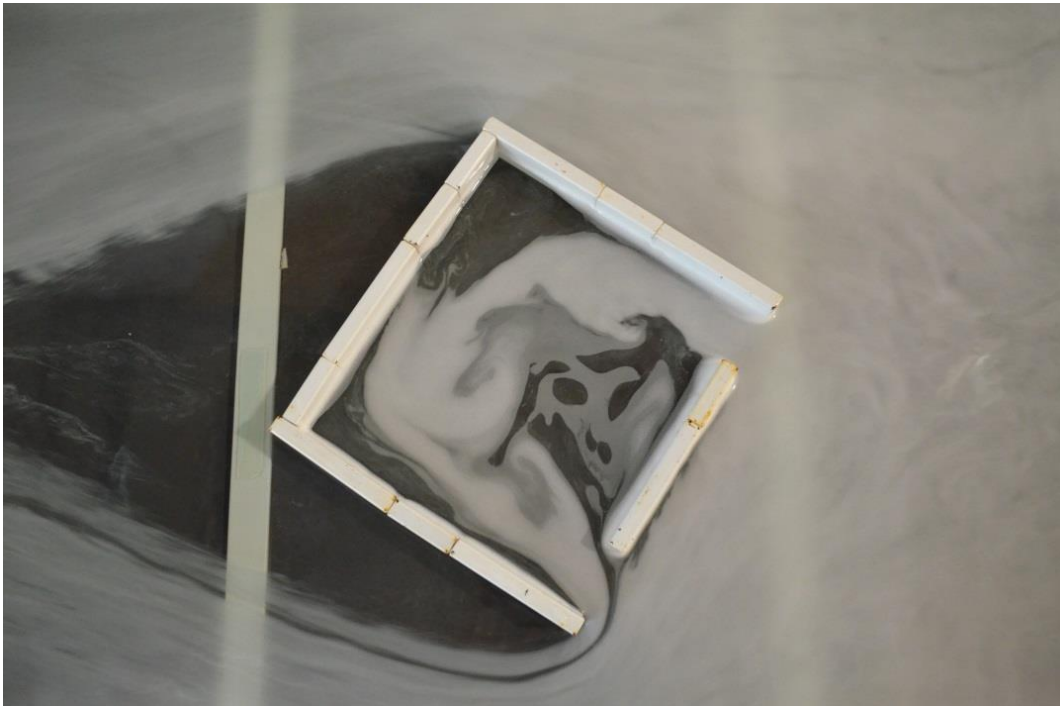
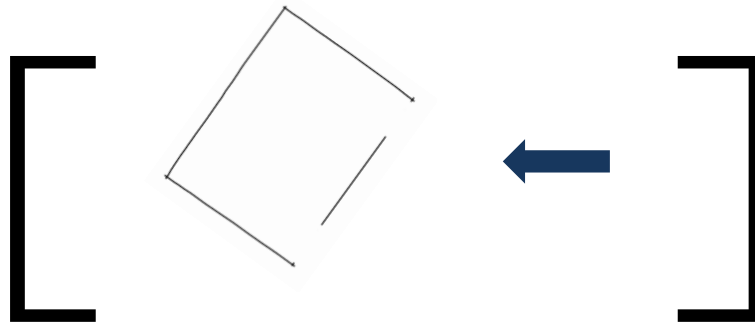
Esta configuração apresenta as aberturas bem próximas, o que restringe o fluxo principal a uma área menor. Entretanto a ventilação no ambiente ainda apresenta boa circulação de ar, o que pode se caracterizar como uma ótima opção de tipologia, visto que a corrente mais forte, a qual pode ser desconfortável, ocupa uma área menor, e ainda não prejudica o restante do ambiente. O resultado obtido na mesa se mostrou fiel ao esperado.

Tipo 5 (90°)



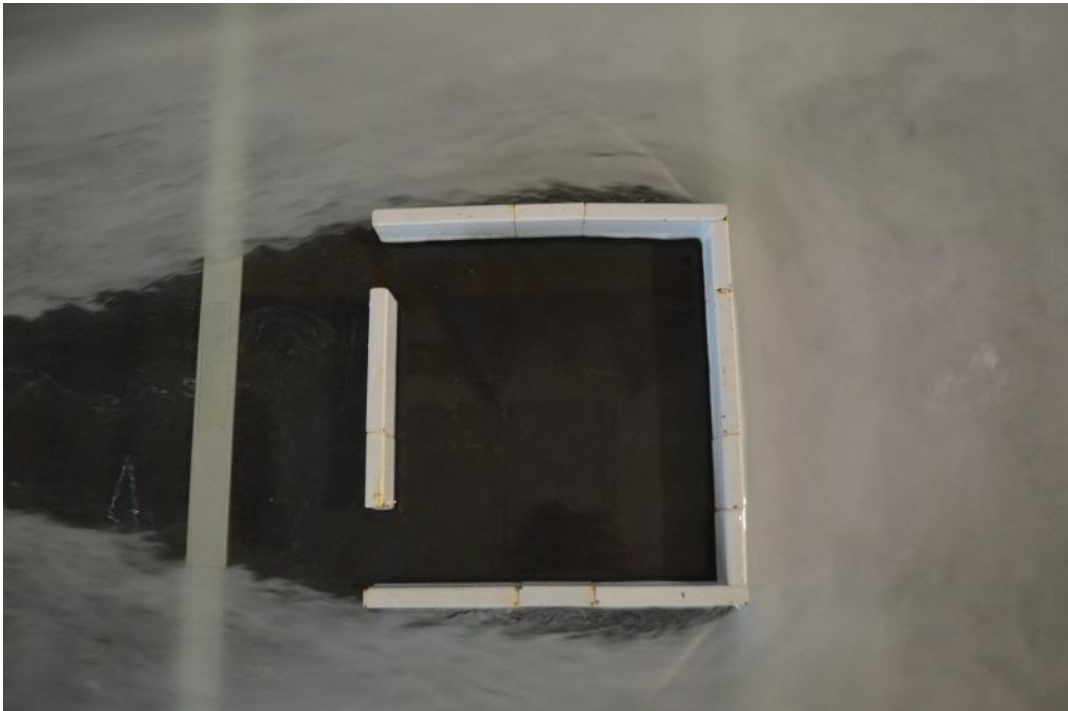
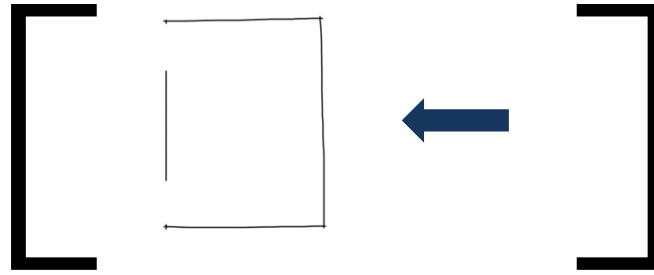
Esta configuração apresenta as duas aberturas na mesma parede. Como a ventilação por ação dos ventos acontece através da diferença de pressões entre as aberturas, neste caso, onde as aberturas se configuram de forma semelhante a ventilação interna acaba sendo desfavorecida. O ensaio na mesa ocorreu de forma fiel à esperada, pois mesmo com a incidência do vento a 90° a circulação interna é baixa, perceptível através da baixa densidade da espuma na visualização do ensaio.

Tipo 5 (45°)



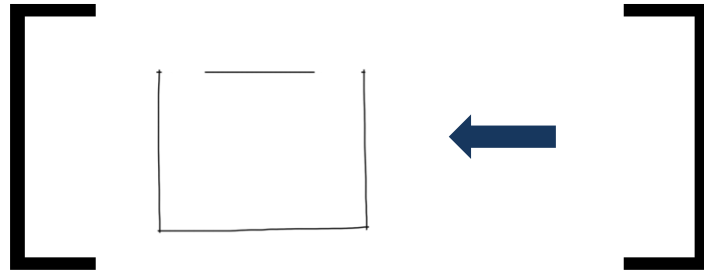
Ao inclinar a mesma tipologia a 45° a configuração do ensaio já mostra um resultado totalmente diferente. Com a alteração as pressões de ar existentes nas aberturas se diferenciam o que permite surgir um fluxo de ar no ambiente interno. O ensaio se apresenta fiel ao resultado esperado, e através das diferentes densidades da espuma na mesa d'água é possível concluir onde o fluxo é mais intenso ou não. A corrente de ar principal se mostra em formato de U, e abrange quase todo o espaço, o que demonstra um ambiente interno muito bem ventilado com alta circulação de ar.

Tipo 5 (-)



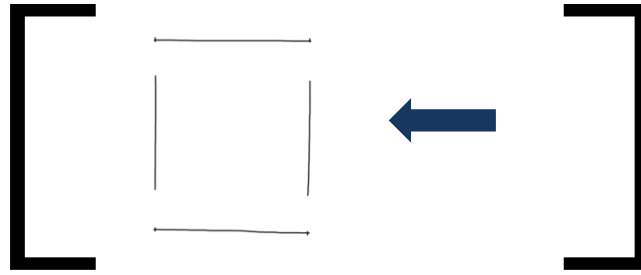
Este ensaio se mostrou fiel ao resultado esperado, onde se conclui que sem nenhuma incidência de vento, a circulação no ambiente interno é inexistente, perceptível através da visualização na mesa d'água onde o contraste da espuma é máximo. Esta mesma tipologia dependendo da configuração de sua implantação, pode apresentar diversos resultados que varia entre uma ótima ventilação natural, a praticamente nula.

Tipo 5 (-)



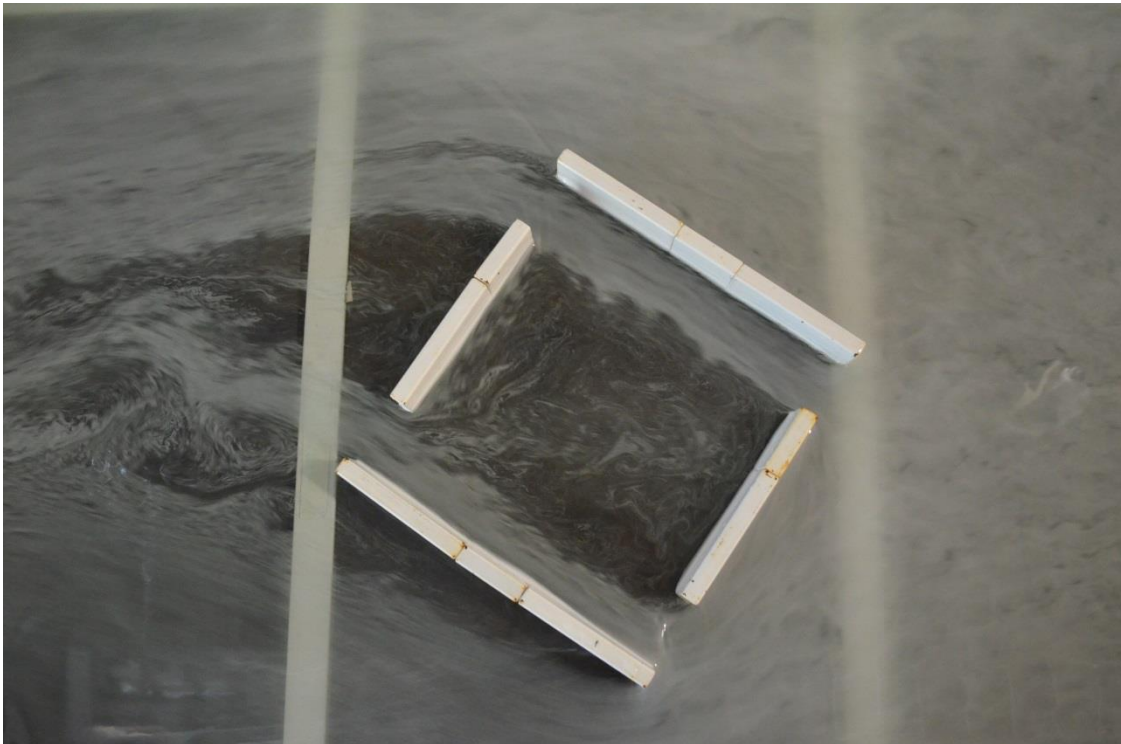
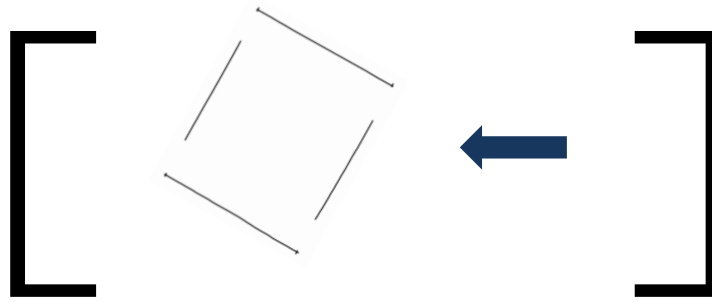
Semelhante ao exemplo anterior, onde a mesma tipologia não recebe incidência de vento, neste ensaio podemos observar o vento passando paralelamente as aberturas. Embora nesse sentido se crie uma diferença de pressão nas aberturas, esta diferença é muito pequena, logo ainda compromete a circulação de ar no interior do ambiente. A mesa d'água apresentou resultados fieis ao encontrados nas bibliografias pesquisadas.

Tipo 6 (90°)



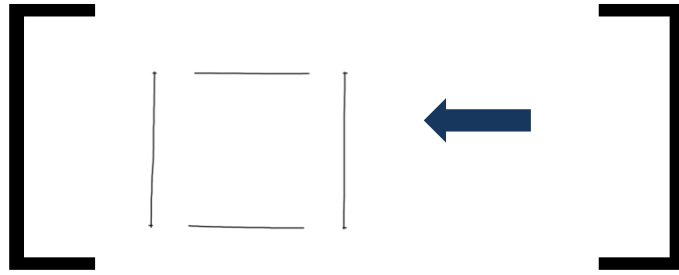
Esta tipologia de espaço permite uma intensa circulação de ar, através de quatro aberturas que possibilitam uma ventilação cruzada direta. A mesa apresentou o resultado esperado, onde se formam dois corredores de ar, com fluxo intenso, perceptível através da espuma mais densa, e no meio do ambiente uma ventilação de menor intensidade, mais ainda satisfatória, formando vórtices de circulação de ar.

Tipo 6 (45°)



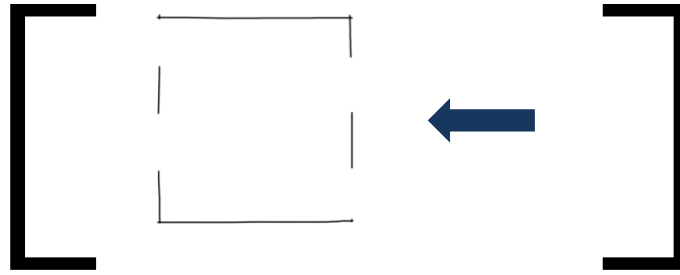
Este ensaio inclina a tipologia a 45°, buscando um resultado talvez ainda mais favorável ao espaço. Com esta incidência do vento obtém-se um resultado similar ao anterior. A diferença consiste em uma diminuição da intensidade do fluxo principal nos corredores laterais, e um aumento pequeno de circulação no meio do ambiente, o que seria melhor em termos de conforto no espaço interno onde a circulação geral se configura com intensidades mais aproximadas.

Tipo 6 (-)



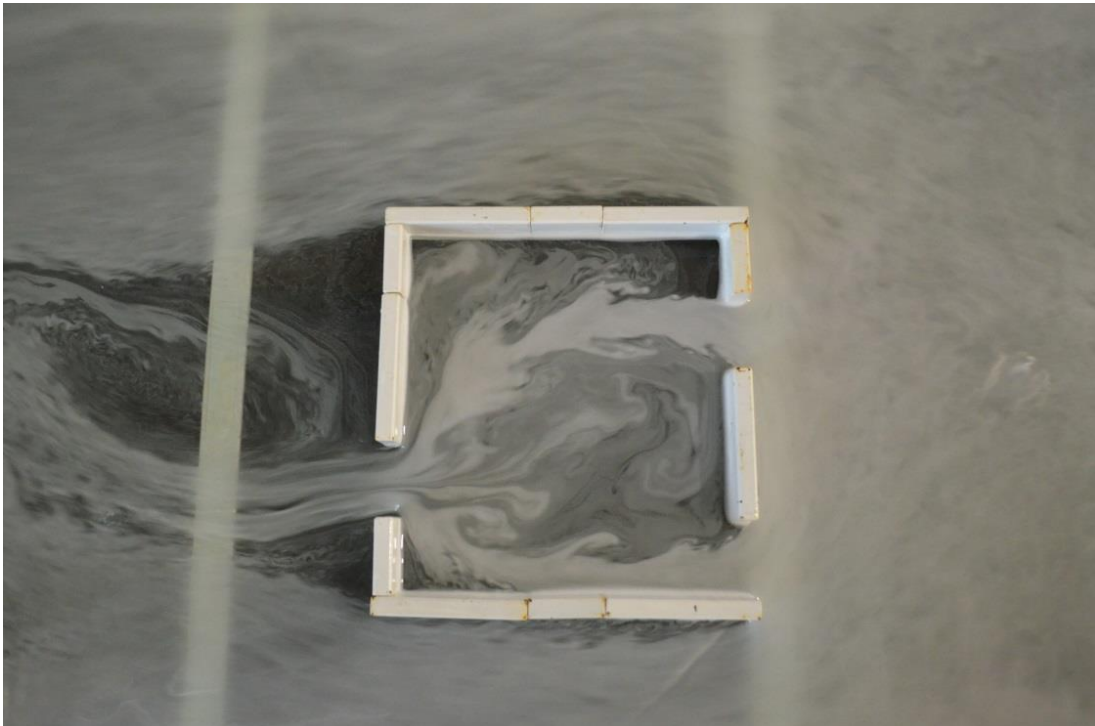
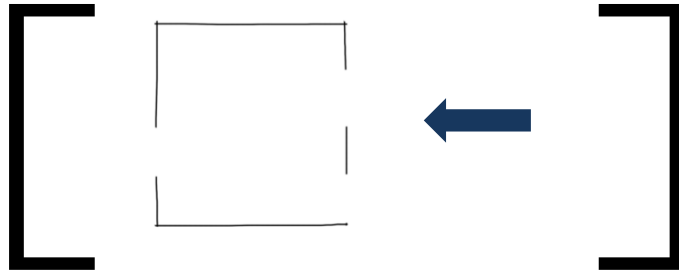
Neste caso onde não há incidência direta do vento, é possível observar a existência de uma pequena circulação de ar no ambiente interno. Diferentemente dos outros ensaios realizados, isto ocorre devido à existência de varias aberturas, que acabam por criar diferentes zonas de pressões, embora com um desequilíbrio mínimo entre elas. A circulação de ar no espaço interno nesse caso ainda está comprometida.

Tipo 7 (90°)



Esta configuração do espaço, através de 4 aberturas intercaladas, permite um ótima ventilação cruzada no ambiente. A mesa representou fielmente o resultado desta tipologia o qual apresenta um fluxo mais intenso através da espuma mais densa, e uma circulação de ar de menor intensidade no restante do ambiente, perceptível pela espuma menos condensada.

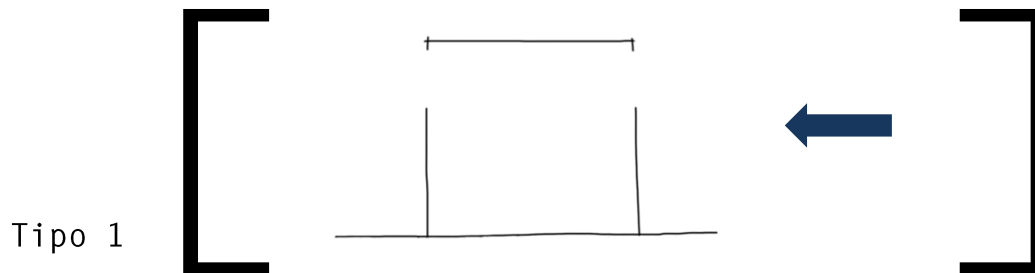
Tipo 8 (90°)



A configuração deste espaço acontece através de duas aberturas com incidência de vento que confluem para uma única abertura, todas intercaladas. Este resultado apresentou uma boa ventilação natural, visto que se formam dois corredores de ar principais e pequenos vórtices de vento no restante do ambiente, perceptíveis através do contraste entre diferentes níveis de condensação da espuma do equipamento.

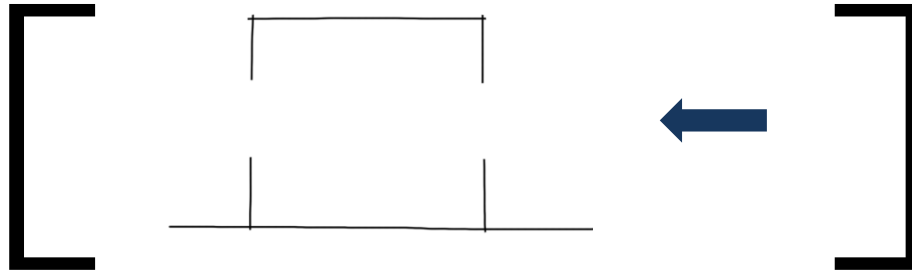
LOCALIZAÇÃO DAS ABERTURAS

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM CORTE.



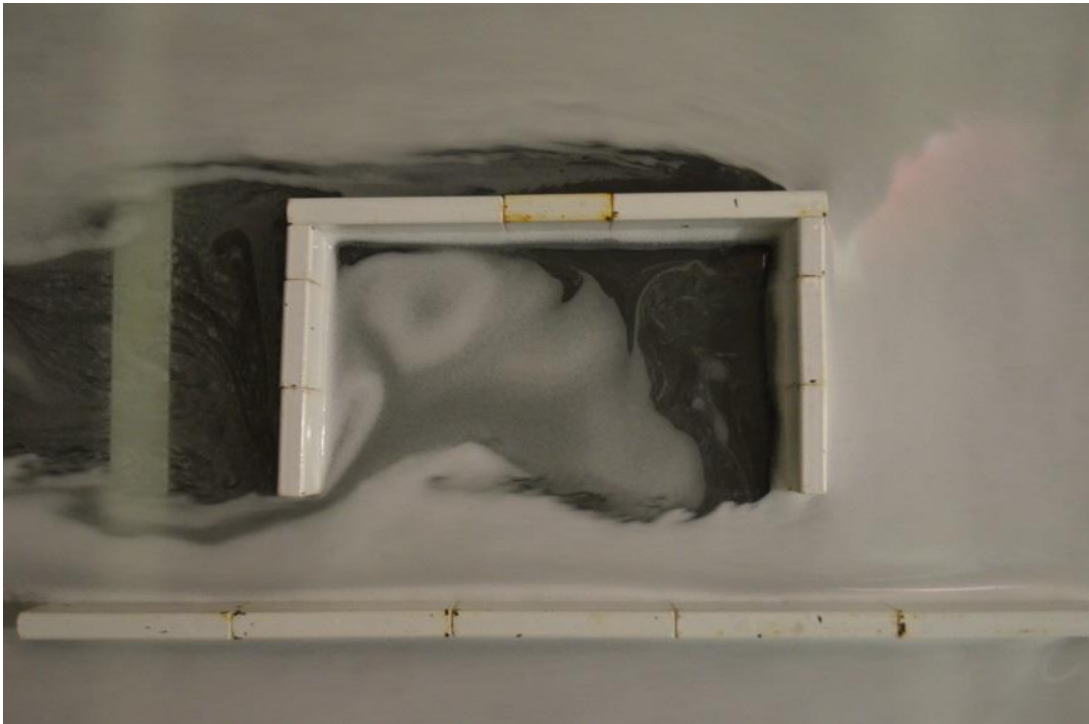
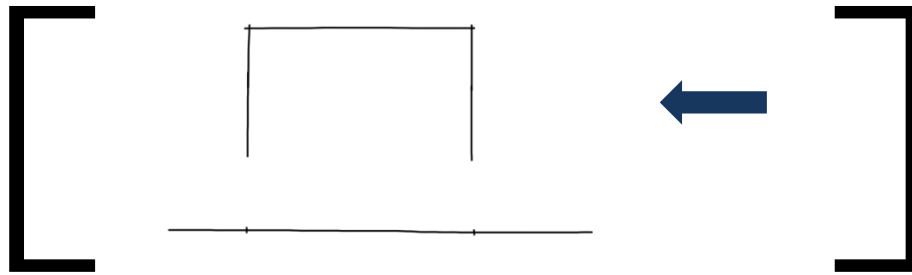
Essa tipologia em corte, que apresenta ambas as aberturas na parte alta do ambiente apresentou resultados bem satisfatórios quanto à circulação de ar. Embora o fluxo principal se localize no topo do espaço, o restante do ambiente ainda recebe considerável corrente de ar. A mesa d'água representou fielmente o resultado esperado. É notória também a presença de espaços que não recebem ventilação alguma, como na margem inferior da parede que recebe o vento.

Tipo 2



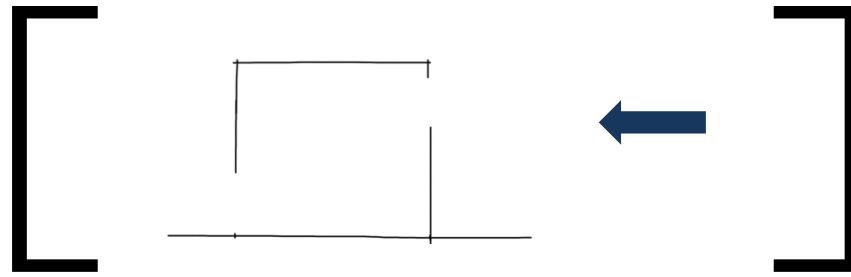
A configuração desta tipologia é semelhante a anterior apresentada, entretanto devido a posição mais central das aberturas nas paredes, sua circulação é mais distribuída. A mesa representou fielmente o ensaio, visível pela presença de uma espuma mais condensada no fluxo principal e menos densa nas adjacências.

Tipo 3



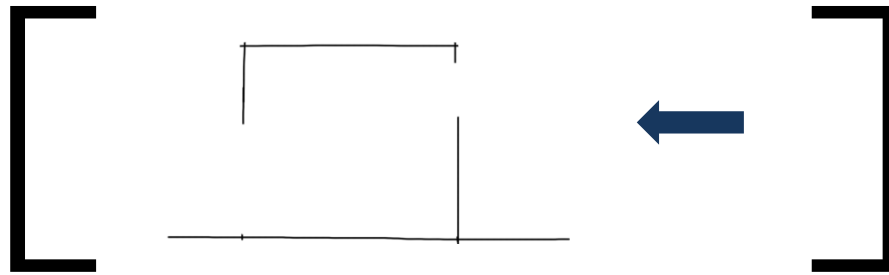
Este ensaio trata de uma tipologia de espaço com aberturas localizadas na parte inferior das paredes. A mesa d'água representou o ensaio de forma fiel, onde é possível visualizar como a circulação de ar se configura no ambiente. O fluxo mais intenso e principal é direcionado na parte baixa do espaço, mas ainda assim permitindo uma circulação de ar no restante do local. A formação do vórtice de vento se localiza próximo a abertura de saída do ar, enquanto que o lugar onde ha ausência total de circulação se localiza acima da abertura de entrada do ar.

Tipo 4



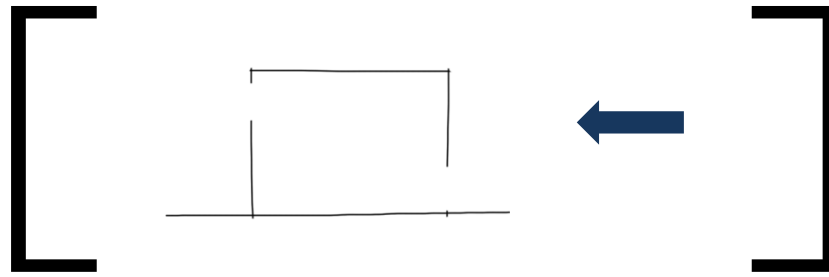
Neste caso de ventilação cruzada as duas aberturas se localizam em partes diferentes das paredes, permitindo uma circulação diferenciada no local. Ao incidir na parte superior do ambiente o ar atravessa o espaço e sai através da abertura localizada na parte inferior, o que permitiu uma maior amplitude da circulação. O fluxo em formato de L é predominante, mas o restante do ambiente também possui boa disposição de vento. A mesa apresentou um resultado fiel ao esperado nesse ensaio.

Tipo 5



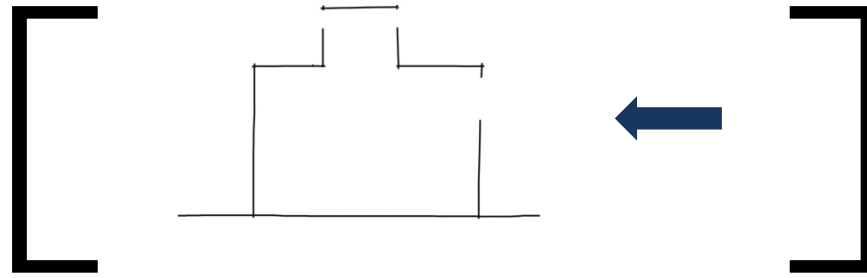
Esta tipologia apresenta configuração semelhante ao ensaio anterior, entretanto sua abertura de saída possui uma área maior, o que causa nessa região, um aumento da pressão negativa, criando um fluxo mais intenso de ar no ambiente. A mesa d'água se mostrou eficiente durante o ensaio, possibilitando a visualização dos fluxos, o principal através da espuma mais densa em formato de L e o vórtice de vento na parte baixa do ambiente representado pela espuma menos condensada. Pelo resultado é perceptível que o espaço possui uma boa circulação do ar.

Tipo 6



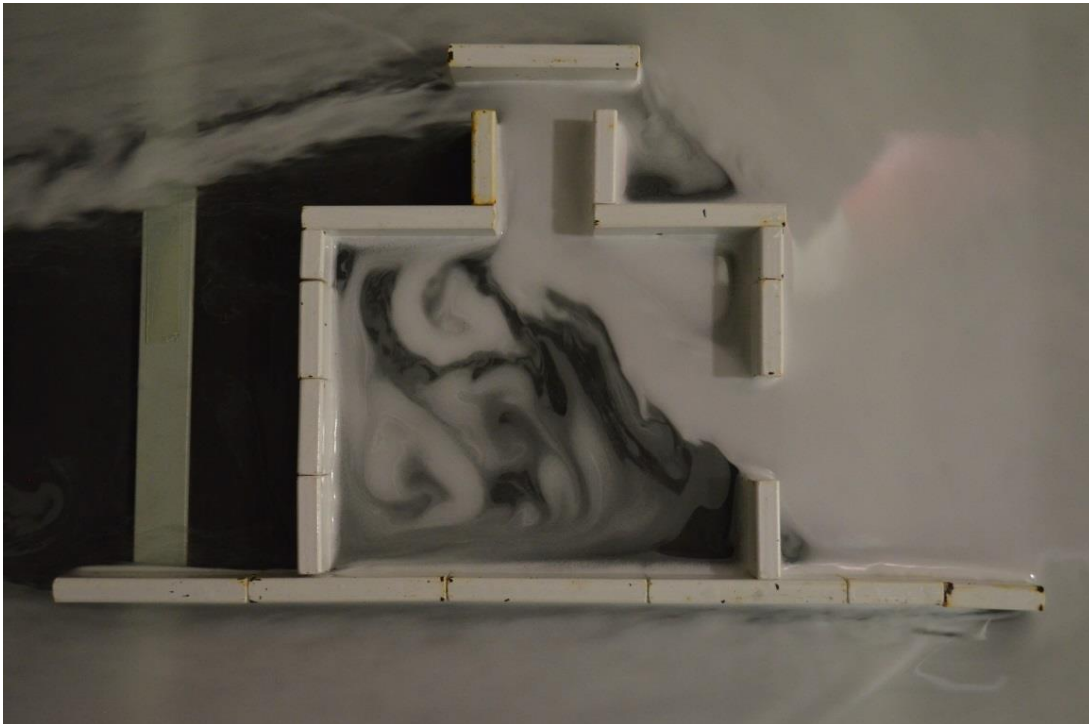
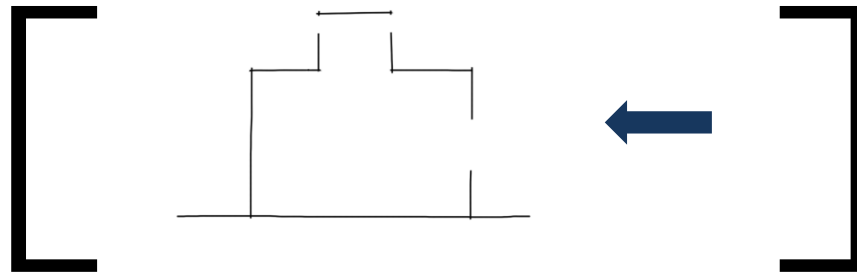
Este ensaio, onde o vento incide pela abertura inferior e sai pela abertura localizada na parte superior da parede se configura como uma ventilação cruzada no ambiente, através de aberturas deslocadas. A mesa d'água representou com eficiência o ensaio, pois é perceptível através do contraste da espuma, o fluxo de ar no espaço interno. Esta tipologia é interessante visto que o ar circula no sentido de baixo para cima, retirando do ambiente o ar já consumido e permitindo a renovação do mesmo.

Tipo 7



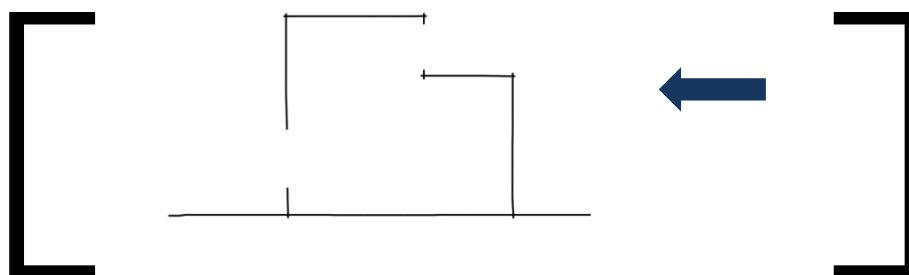
A tipologia apresenta duas aberturas, sendo a superior classificada como captador de vento. A mesa d'água apresentou resultado fiel ao esperado. Nesta configuração o ar adentra o ambiente pela abertura superior localizada na parede e o captador de vento no teto do espaço funciona de modo a criar uma região de pressão negativa onde o ar dentro do ambiente irá sair, após percorrer o cômodo. Pela intensidade de espuma percebemos um fluxo mais direto entre as aberturas, e um fluxo menos intenso no restante do ambiente.

Tipo 8



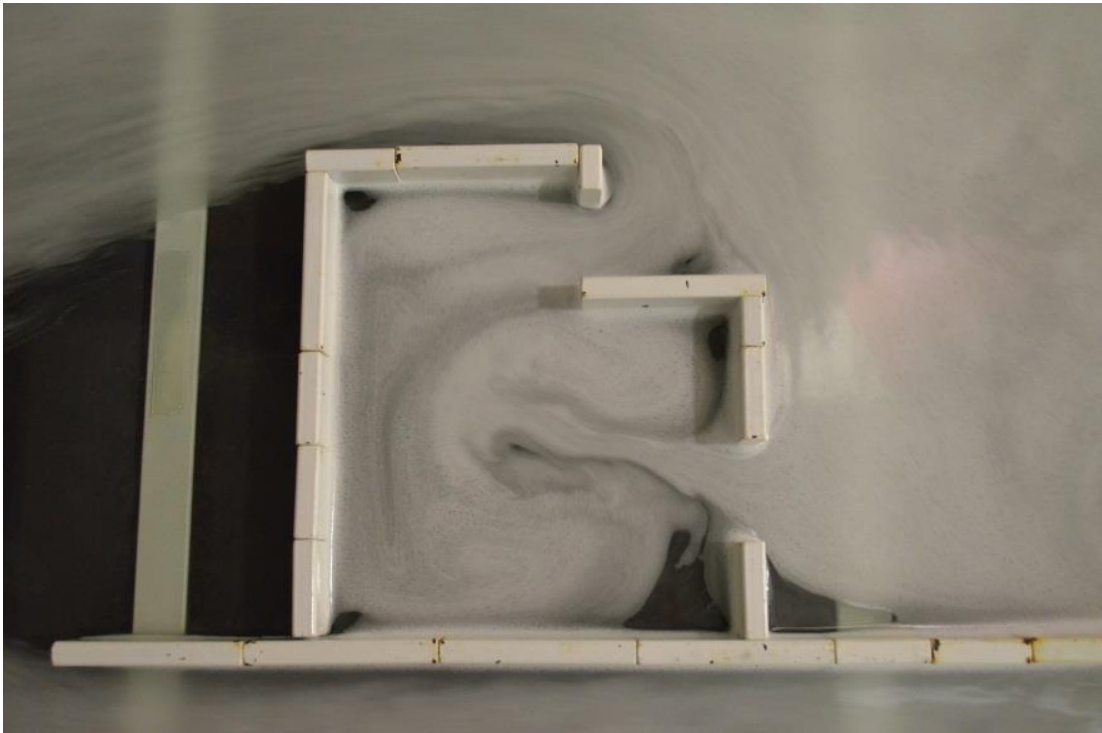
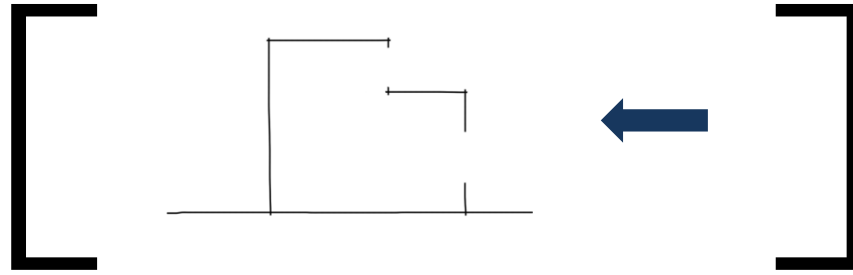
Esta tipologia apresenta configuração semelhante a anterior, com a abertura de incidência do vento localizada um pouco mais abaixo. As ações físicas são as mesmas, entretanto nesta configuração a corrente de ar principal aumenta em extensão, visto o deslocamento da abertura para baixo. O restante do ambiente também apresenta boa disposição das correntes de ar

Tipo 9



O ensaio possui duas aberturas em lados opostos, e o resultado apresentado pela mesa d'água foi o esperado através da pesquisa bibliográfica. A abertura na parte superior recebe a incidência do vento e a abertura localizada mais abaixo na parede oposta permite sua saída. Os dois vãos formam um corredor de vento onde o fluxo de ar é mais intenso, entretanto o restante do ambiente também recebe parte dessa ventilação. Essa tipologia possibilita um bom uso do espaço quando se deseja mais conforto no ambiente e menos velocidade do ar.

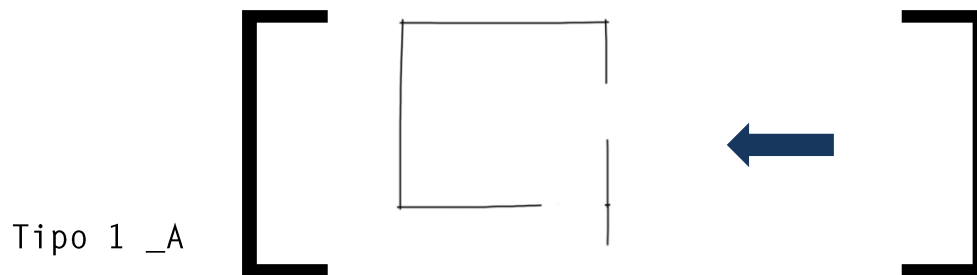
Tipo 10



A disposição das aberturas nessa tipologia cria duas regiões de pressão diferente no mesmo plano. Devido à configuração impar do espaço a abertura localizada mais abaixo apresenta uma zona de maior pressão o que resulta com a incidência do vento nessa região. Para o ambiente essa incidência é benéfica, visto que o espaço apresenta uma circulação muito maior de ar comparado com o ensaio anterior por exemplo. Este resultado é perceptível através da presença de espuma que se apresenta densa em todo o espaço.

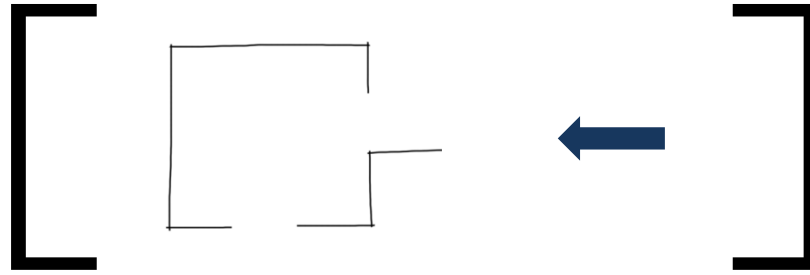
ELEMENTOS ADJACENTES A ABERTURAS _ EXTERNOS

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM PLANTA.



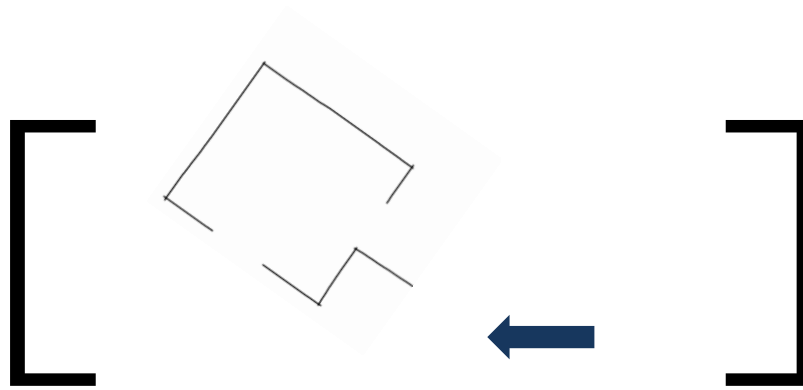
Este ensaio retrata uma barreira externa a abertura de saída do ar do ambiente. A mesa d'água se mostra eficiente em mostrar o resultado da ventilação no espaço. Neste caso o elemento não influencia tanto na ventilação interna, apenas aumentando a pressão negativa próxima à abertura em que está localizado, visto que a incidência do vento que passaria paralelo a abertura é desviada, tornando o fluxo da corrente de ar provavelmente mais fluido.

Tipo 2 _A



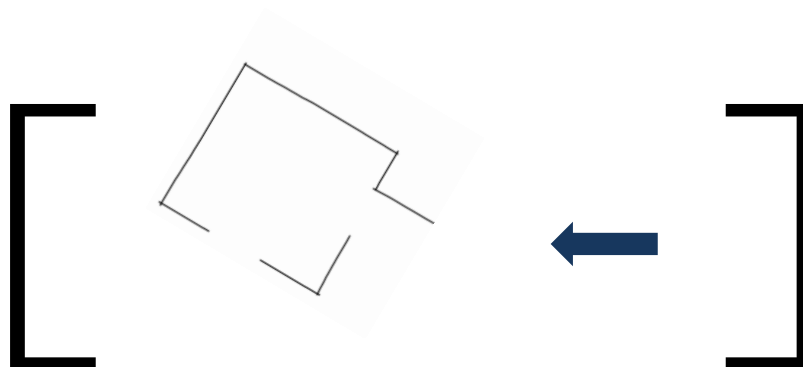
Este elemento próximo a abertura de incidência do vento não resulta muita diferença no produto da ventilação no ambiente interno, comparando-o com o outro ensaio da mesma tipologia sem o elemento externo. Neste caso ele apenas direciona a corrente de ar, que passa a não receber tanto fluxo de um lado, entretanto essa mudança não é relevante no resultado do ensaio no espaço interno da tipologia, onde a ventilação natural continua de forma eficiente.

Tipo 2 _B (45°)



Este ensaio visa supor uma inclinação da incidência do vento a 45° a fim de obter uma circulação interna mais eficiente. Neste caso como o vento incide na superfície do elemento de modo que este o reflete para dentro do espaço interno desta tipologia, o componente funciona menos como uma barreira e mais como um direcionador da ventilação. A mesa representou o resultado fielmente, de modo a perceber um fluxo principal passando por entre as aberturas e uma circulação de ar menos condensada no restante do ambiente.

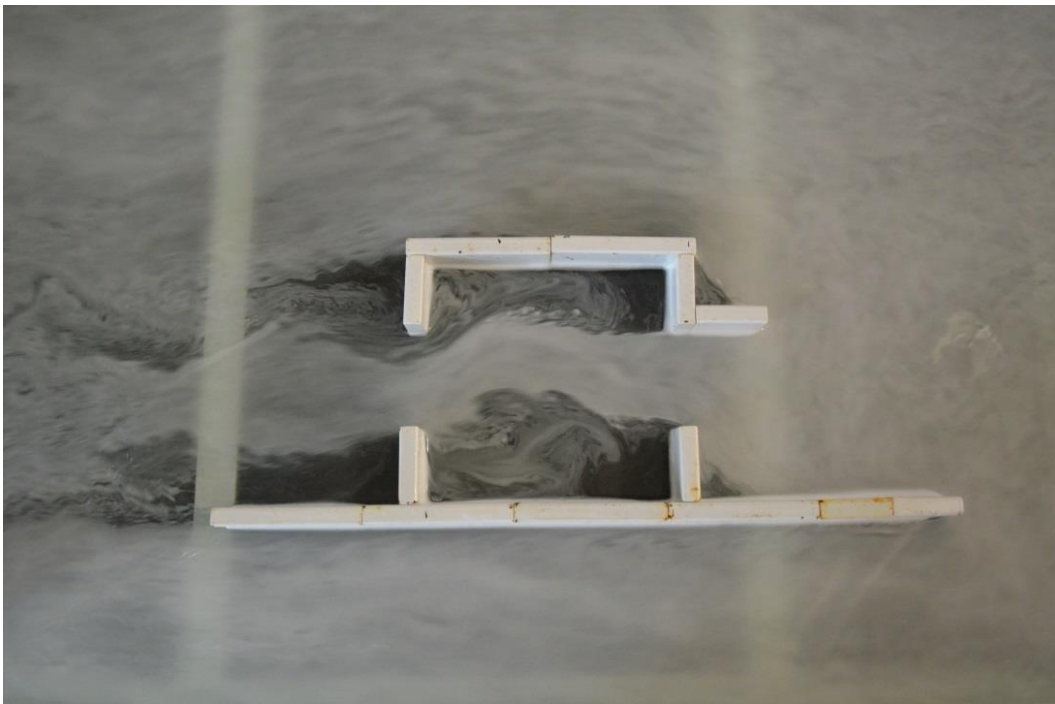
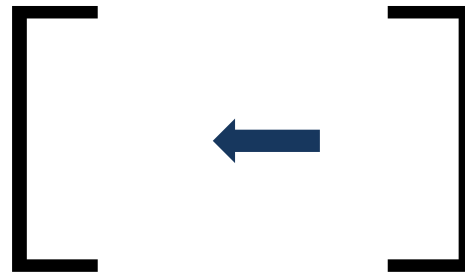
Tipo 2 _C (45°)



Comparado ao ensaio anterior que apresenta a mesma tipologia base, este caso retrata o comportamento do elemento adjacente a abertura como uma barreira, na qual ele impede um maior fluxo de ar confluindo para o ambiente interno, e não direcionando o vento que incide sobre sua superfície. A mesa representou de forma eficiente resultado do ensaio, onde comparado com a imagem passada, neste a visualização da espuma esta mais clara, mostrando que a circulação interna de ar diminuiu em intensidade.

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM CORTE.

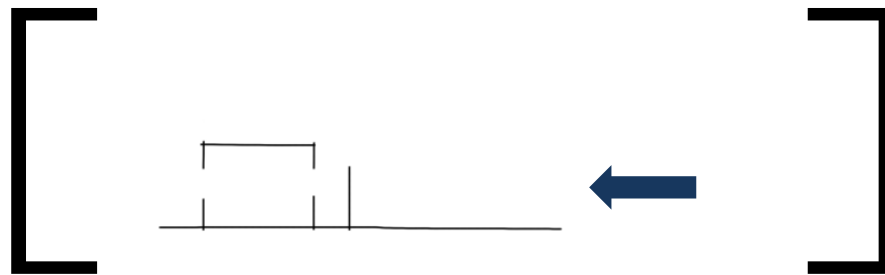
Tipo 1 _A



No caso de uma tipologia em corte, elementos horizontais próximos a uma abertura não influenciam tanto a ventilação natural interna. Neste ensaio o componente apenas direciona ainda mais o fluxo principal de ar, sem trazer consequências para o espaço. O resultado é perceptível através da visualização na mesa onde comparado com o ensaio da mesma tipologia base, o resultado se mostra semelhante, com a formação de uma corrente de ar ao meio e vórtices de vento adjacente a ela.

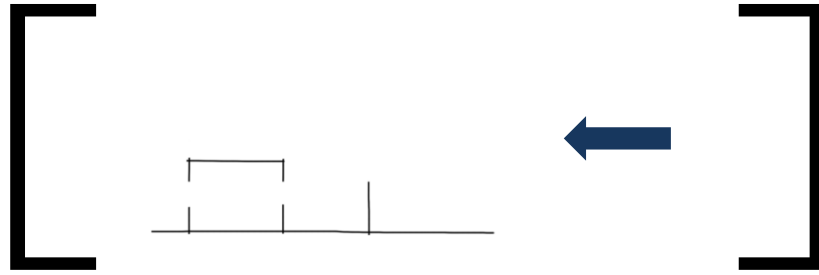
VEGETAÇÃO

Tipo 2 _A



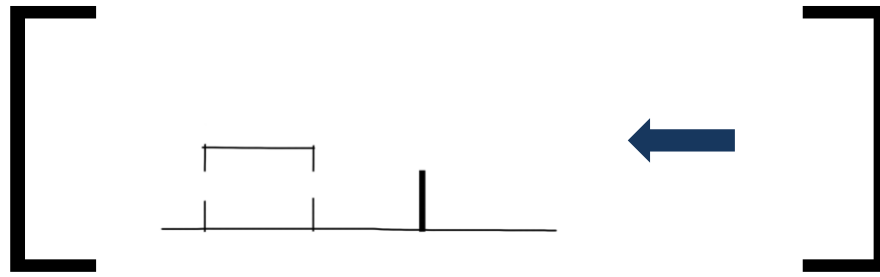
A presença da vegetação como elemento externo as aberturas também pode alterar bastante a configuração da ventilação interna do espaço. Neste ensaio supõe-se o extrato vegetal como um componente denso, que barra o fluxo de ar. A mesa d'água representou com fidelidade o resultado, onde é perceptível o desvio da incidência do vento e apenas uma parte do fluxo confluindo para o ambiente. Neste caso a circulação interna do ar é bastante prejudicada.

Tipo 2 _B



Ao afastar o extrato vegetal da abertura é perceptível que embora parte do vento ainda esteja desviada de seu fluxo principal, uma porção maior adentra o ambiente. Também é formado um pequeno vórtice de vento na região entre a tipologia apresentada e a vegetação. A mesa representou de forma eficiente o resultado, onde é possível perceber o contraste da espuma de acordo com a intensidade do fluxo de ar.

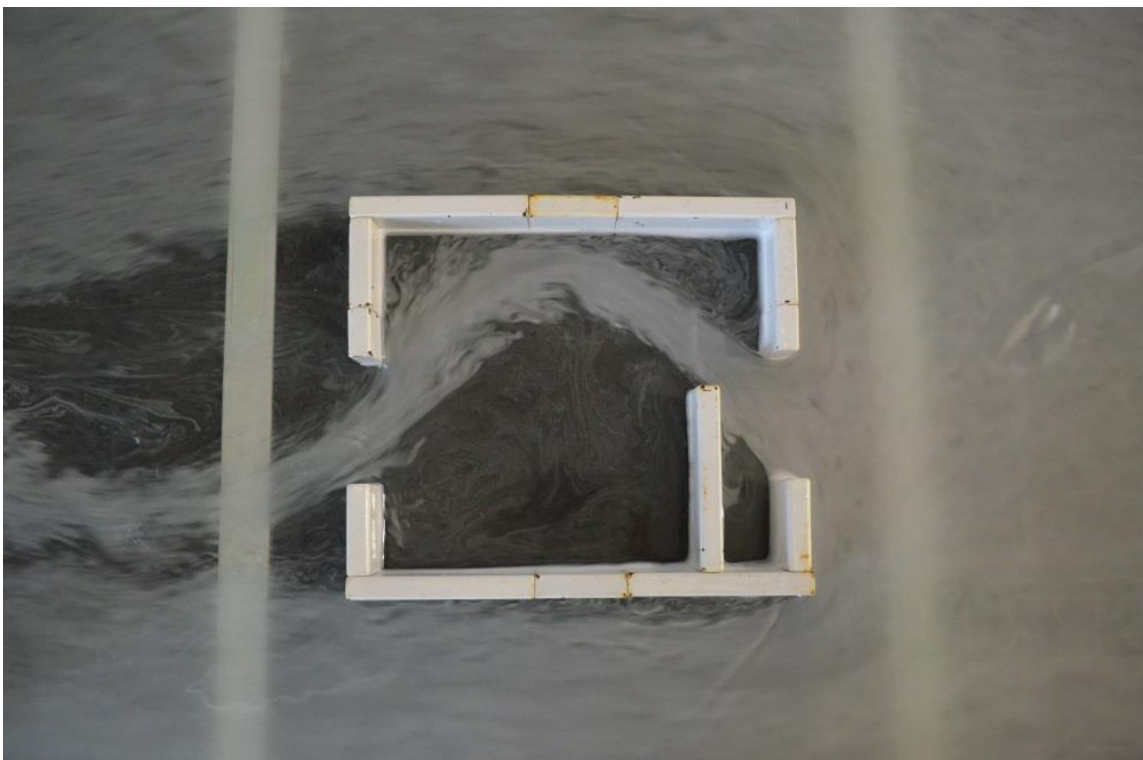
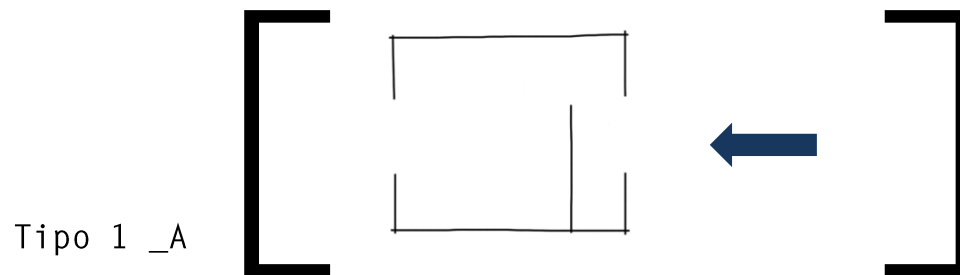
Tipo 2 _C



Este ensaio buscou supor o comportamento de um extrato vegetal menos denso, permeável a passagem de ar. Para tal visualização foi utilizado uma trama de metal, que representou de forma eficiente este resultado na mesa d'água. Com a mesma distancia em relação ao ensaio anterior, percebe-se que a configuração do fluxo de ar que adentra o ambiente depende muito também da tipologia de vegetação presente externamente. Neste caso é perceptível que o elemento não se comportou como barreira, permitindo a passagem do ar, talvez apenas diminuindo sua velocidade, e não altera a conformação da ventilação no espaço interno.

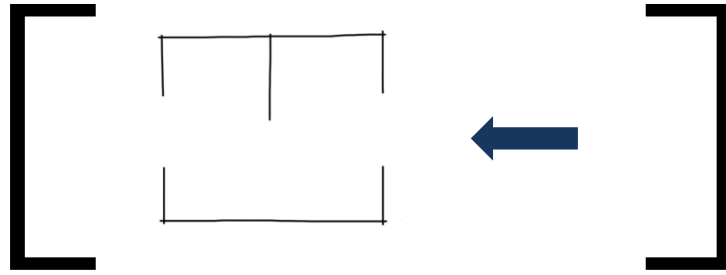
ELEMENTOS ADJACENTES A ABERTURAS – INTERNOS

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM PLANTA.



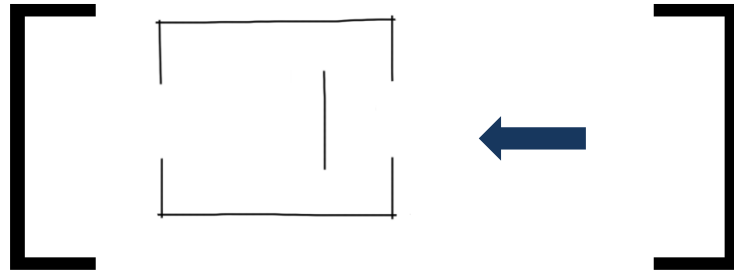
O elemento interno adjacente a abertura visa configurar outras formas de circulação de ar no ambiente. Neste caso o componente desvia o fluxo, fazendo com que a corrente principal perpassse mais um lado, deixando o restante do espaço com uma ventilação menos intensa, que algumas vezes pode ser desejada.

Tipo 1 _B



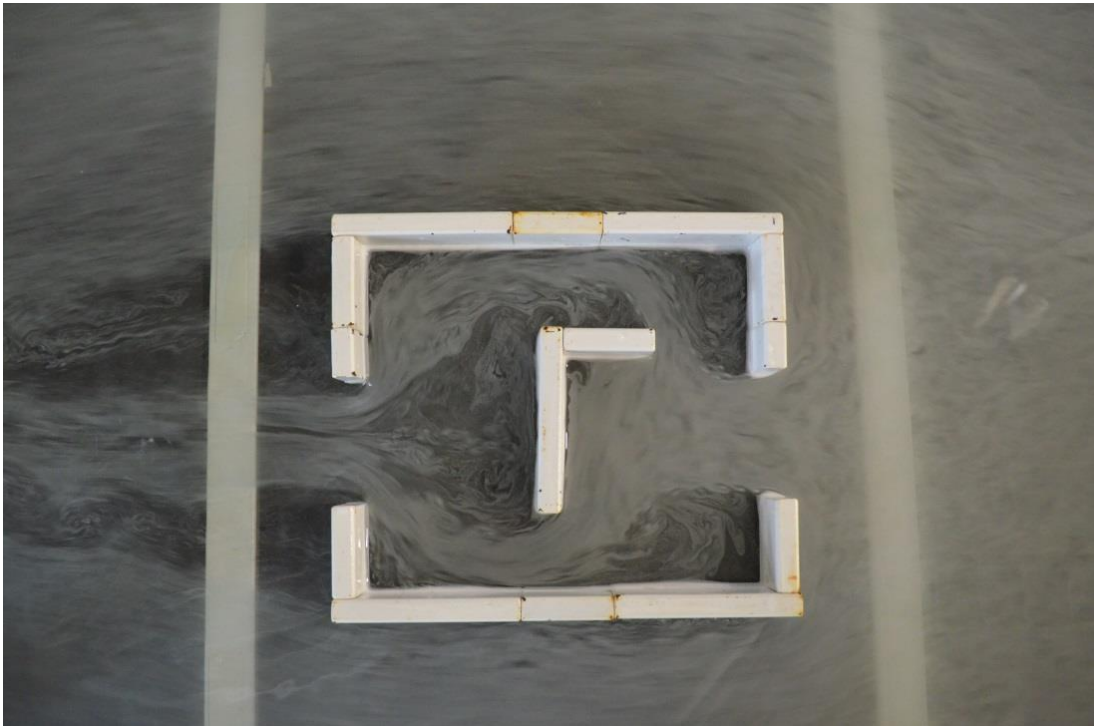
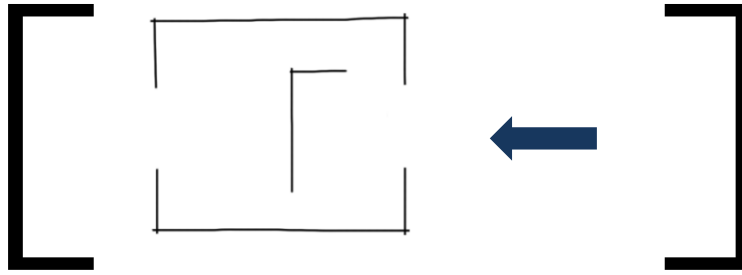
Neste ensaio o elemento se faz presente no meio do espaço estudado, e funciona mais com o intuito de criar diferentes ambientes do que desviar o fluxo principal. O componente separa dois espaços que apresentam intensidade de circulação do ar distintas. O ensaio se mostrou eficiente, pois o resultado é perceptível através das diferentes densidades da espuma apresentadas na imagem.

Tipo 1 _C



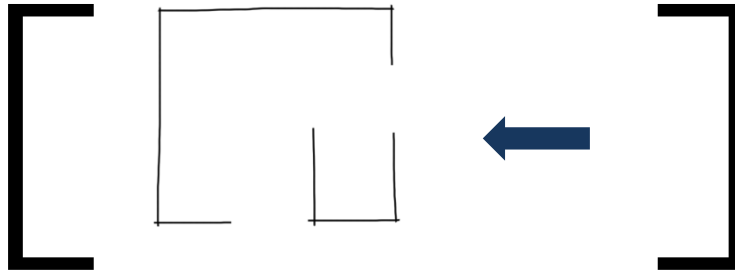
Neste ensaio o elemento desvia a corrente principal diretamente, que se dividem em dois fluxos adjacentes as paredes. Também é formado um vórtice de vento no lado do componente onde o vento não é incidente. Esta configuração do espaço pode ser desejada quando não é benéfico uma circulação com alta velocidade.

Tipo 1 _D



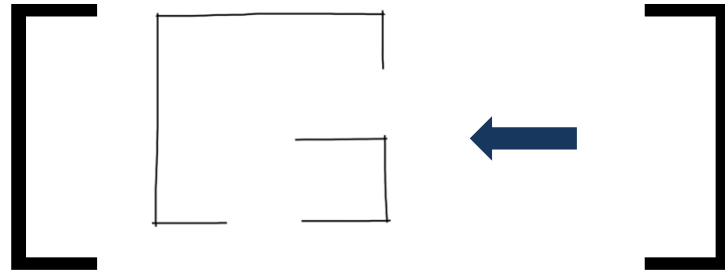
Esta configuração, semelhante ao ensaio anterior, também busca desviar o fluxo principal diretamente. Entretanto conforme a composição do elemento em formato de L, os dois fluxos formados são desiguais, resultando em correntes de ar com intensidades diferentes. A mesa se mostrou fiel ao resultado esperado, e é possível observar o caminho percorrido pelas correntes mais densas e os espaços onde a ventilação não é tão forte através da espuma menos condensada visualizada na imagem.

Tipo 2 _A



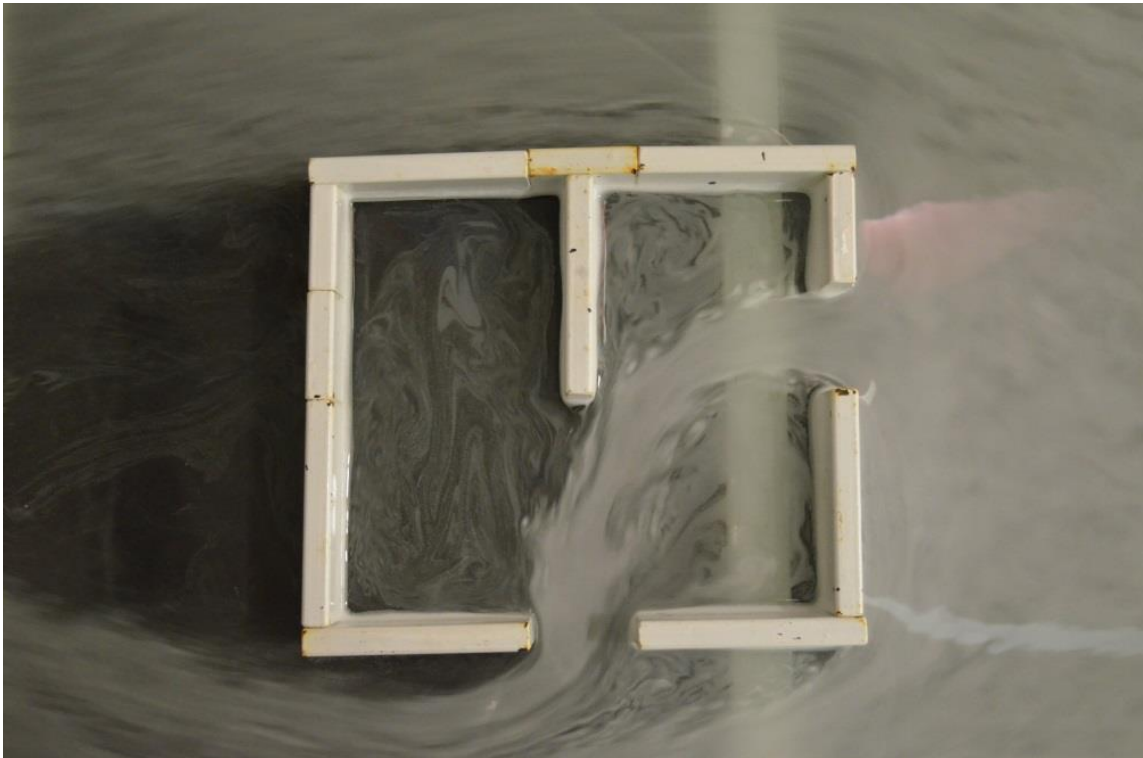
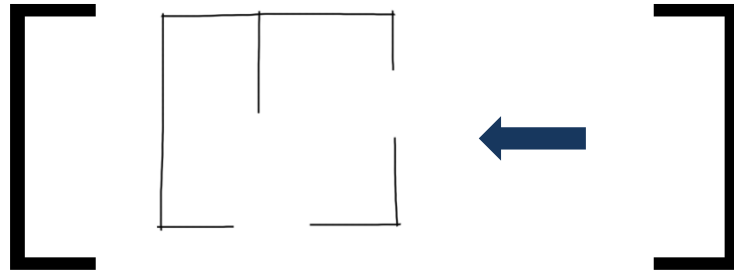
Essa tipologia sem a presença de elementos próximos a aberturas se configura com uma boa ventilação interna. O componente adicionado neste ensaio desvia ainda mais o fluxo para o interior, favorecendo a ventilação no restante do espaço. Mesmo a pequena área criada entre o componente e a parede recebe uma boa ventilação, observada através do contraste da espuma em diferentes densidades.

Tipo 2 _B



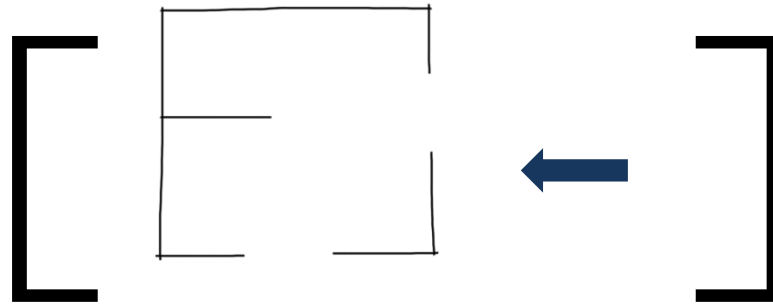
Neste caso o elemento adjacente também desvia o fluxo mais ao interior do ambiente. Entretanto diferente do ensaio anterior, o espaço criado entre paredes e o componente acaba desfavorecido, pois, percebe-se através da ausência de espuma a falta de circulação de ar naquela região.

Tipo 2 _C



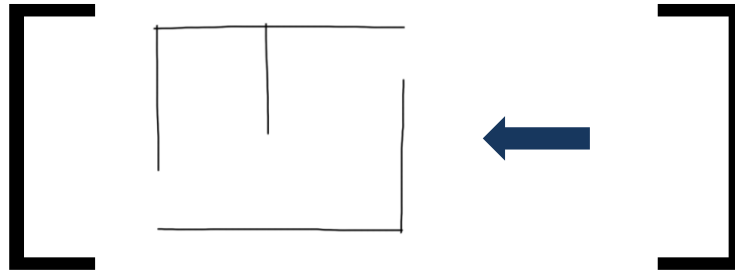
No ensaio realizado este resultado mostra como o elemento localizado mais ao meio do ambiente não desvia tanto a corrente principal de ar. Contudo cria uma sub-região no lado esquerdo da imagem que apresenta uma ventilação menos densa, por causa da barreira, o que pode ser benéfico dependendo do uso do espaço.

Tipo 2 _D



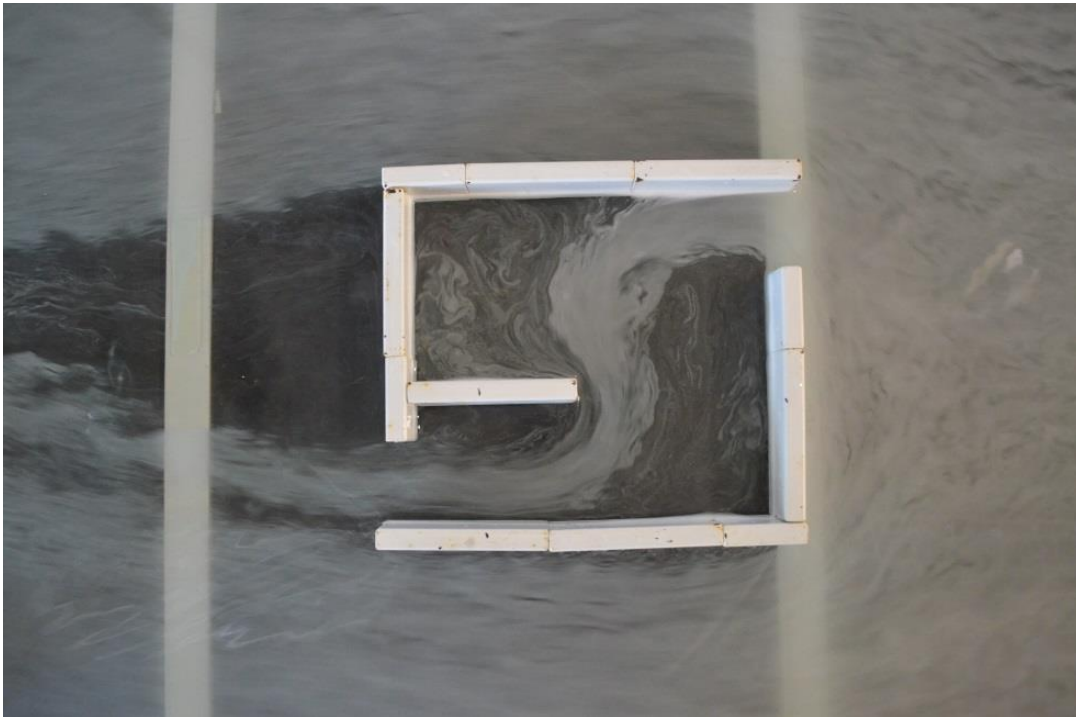
Este caso onde o elemento também se localiza mais ao meio do espaço demonstra através da imagem uma boa circulação de ar. O ensaio na mesa se mostrou eficiente e através de seu resultado podemos observar que diferentemente do ensaio anterior, o componente cria dois espaço que igualmente recebem boa circulação de ar. Nessa tipologia o elemento funciona mais como adicional para o uso do ambiente do que para influenciar a circulação de ar nele presente.

Tipo 3 _A



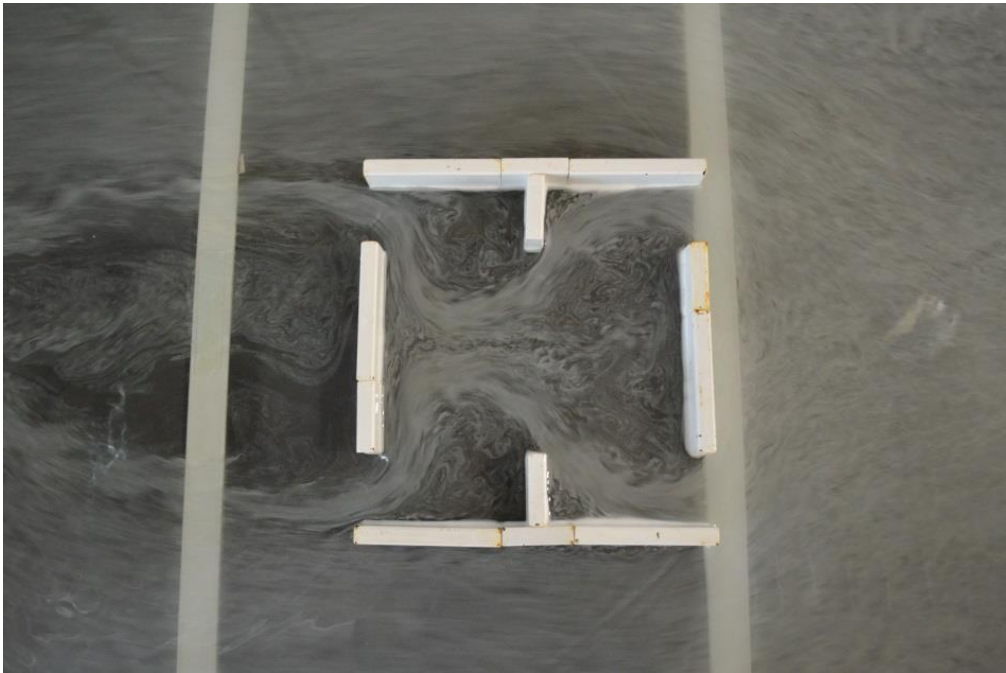
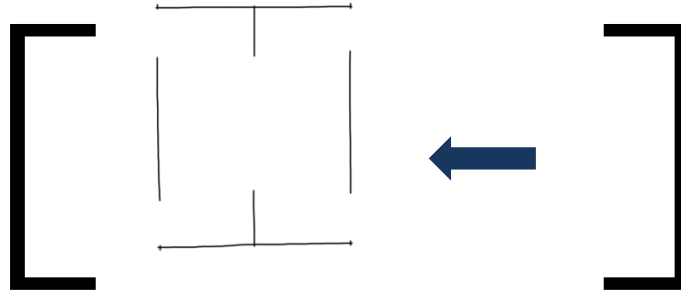
Este ensaio mostrou um resultado fiel ao esperado. A tipologia em si, que sem o componente interno apresentava uma circulação de ar com o fluxo principal em formato de L, passou a ter essa corrente localizada mais ao centro do ambiente. O restante da ventilação acabou por configurar 2 regiões com uma circulação de ar menos intensa, constituída de vórtices de vento, adjacentes a esta corrente principal.

Tipo 3 _B



Neste caso o componente interno trabalhou de forma semelhante ao ensaio anterior, onde desvia o fluxo principal que antes possuía formato em L, e agora percorre os espaços mais ao centro. Como visualizado na mesa d'água, também é formado outras duas subáreas que apresentam pouca circulação de ar, perceptível pela densidade da espuma mostrada na imagem.

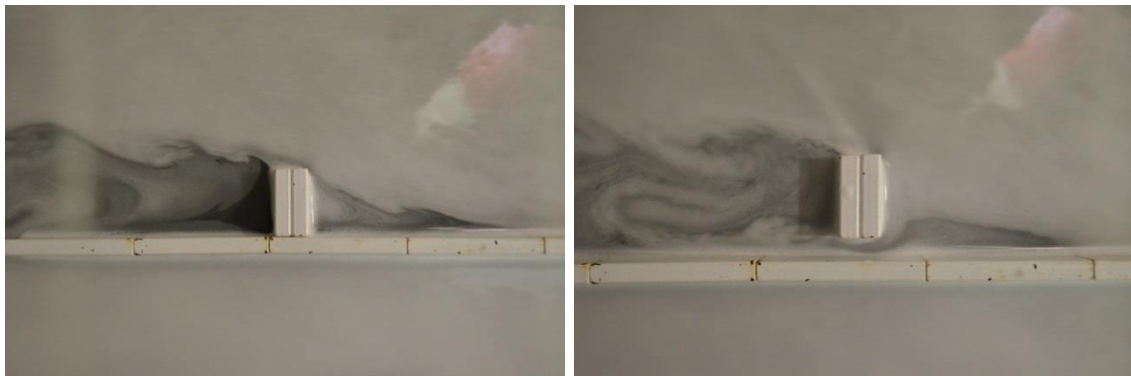
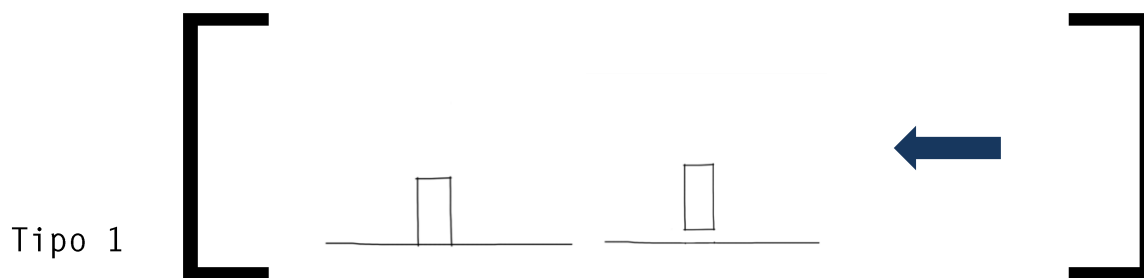
Tipo 4 _A



No caso da configuração desta tipologia foram adicionados dois elementos interno para o estudo. O ensaio apresentou o resultado esperado. Os componentes foram posicionados diretamente na corrente de ar o que decorreu em um desvio do fluxo principal. Para a configuração do espaço interno essa mudança foi positiva visto que o fluxo perdeu velocidade (que pode ser considerada desconfortável em excesso) e foi redirecionado para a parte central do espaço, o qual ganhou considerável circulação de ar.

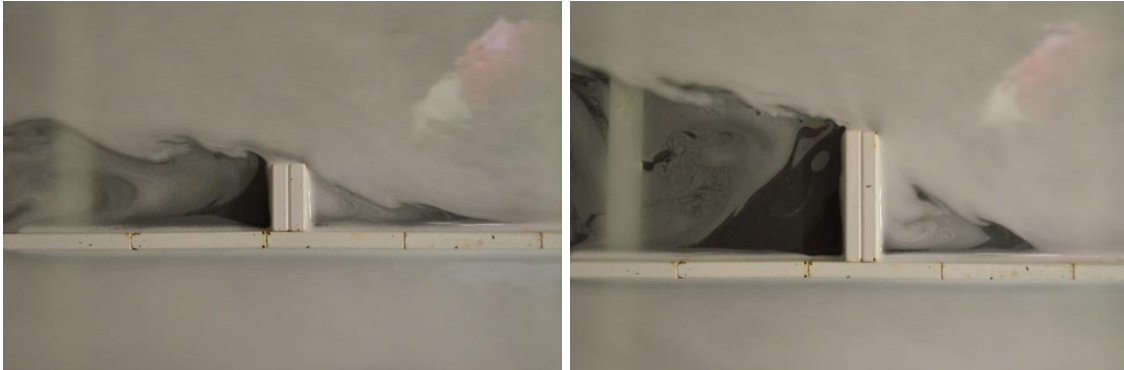
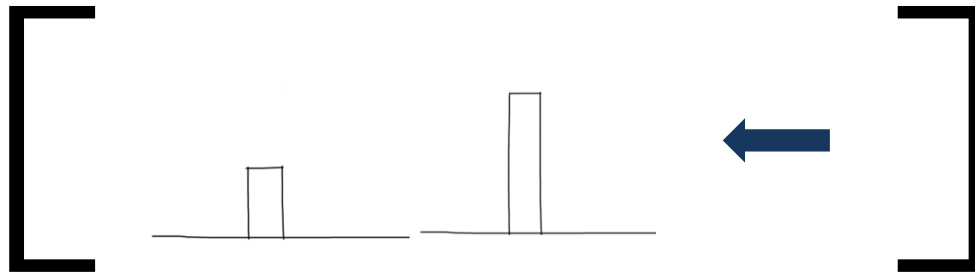
3.5 ENSAIOS REALIZADOS_ ENSAIOS MEIO URBANO

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM CORTE.



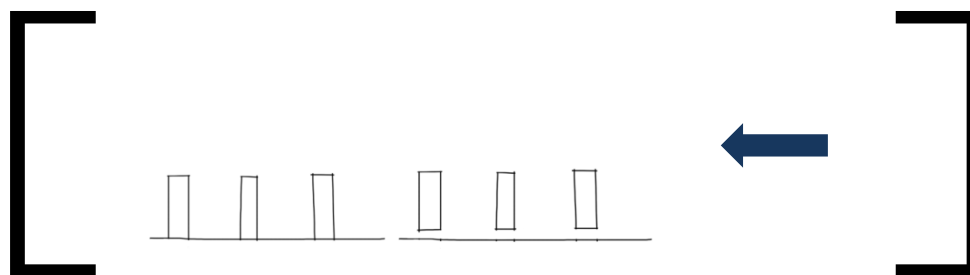
Estes dois ensaios foram realizados com o intuito de estabelecer uma comparação entre duas possíveis tipologias de edifícios. Os resultados apresentados foram fieis ao esperado. No primeiro caso é exemplificado a ventilação incidente em um edifício, como o fluxo é desviado, estabelece uma ausência de ventilação no lado onde o vento não incide que forma um vazio de circulação de ar. Contudo, o segundo supõe uma tipologia de edifício que incluem pilotis, permitindo que a ventilação natural passe sob o prédio. Desse modo a circulação de ar do lado oposto não fica tão comprometida, pois é formado um vórtice de vento nesta região.

Tipo 2



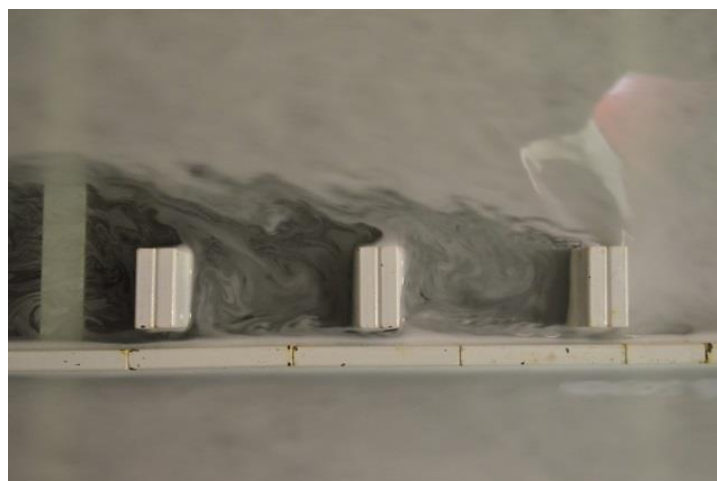
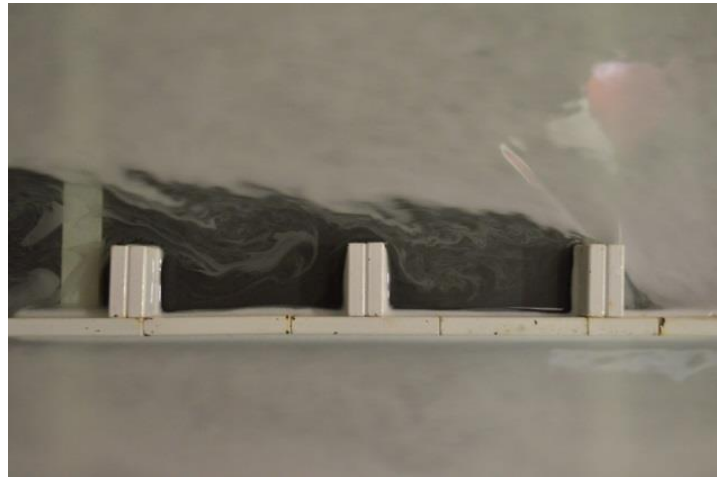
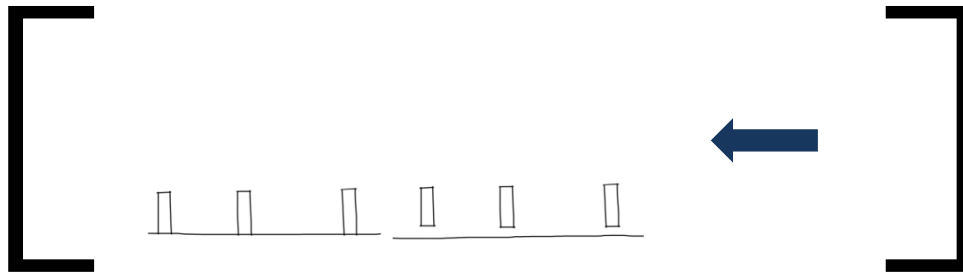
Esta comparação baseou-se no gabarito dos edifícios. A mesa d'água foi eficiente em demonstrar esta relação. Quando mais alto o edifício maior o desvio da corrente de vento, e maior será a região afetada pela ausência de circulação de ar. Através das duas imagens esta relação fica clara ao observar o tamanho do espaço sem a espuma no lado oposto ao da incidência do vento.

Tipo 3



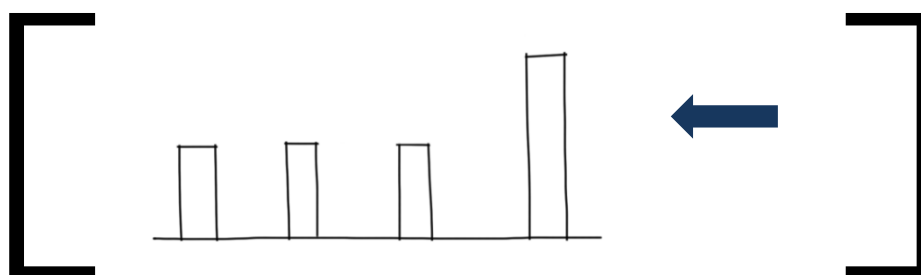
Neste caso de comparação de edifícios em serie, podemos observar também a consequência em implantar edifícios em serie sem um espaço adequado entre eles. A primeira imagem mostra o impacto que o primeiro edifício a receber a corrente de vento impõe aos outros, visto que o fluxo desviado não se reconstitui a sua rota normal. Na segunda imagem é perceptível como os pilotis ajudam nesta questão, pois permitem uma circulação sob os prédios que beneficia o espaço entre eles com uma circulação de ar considerável.

Tipo 4



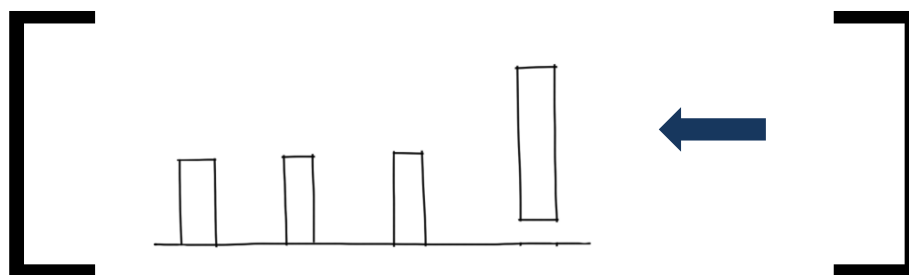
Estes ensaios são semelhantes aos anteriores, entretanto foram dispostos de forma mais espaçada a fim de avaliar a relação tamanho x distancia. É perceptível através da primeira imagem que embora o desvio do vento ainda permaneça grande surge um pequeno vórtice de circulação de ar entre os edifícios. Já com a implantação de pilotis na tipologia do prédio, o benéfico para a circulação de ar é ainda maior, a exemplo da visualização na segunda imagem onde a espuma é bem mais densa nessa região.

Tipo 5



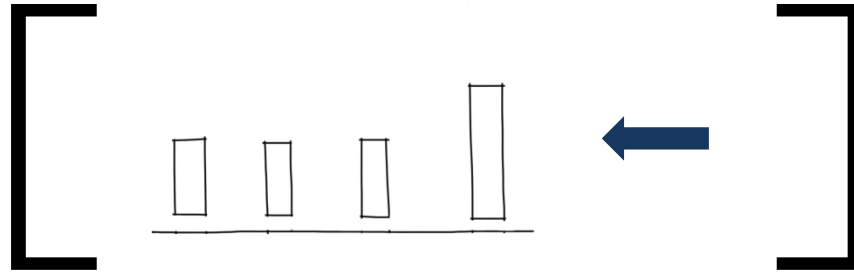
Este ensaio reafirma o impacto que um prédio pode causar acerca da ventilação de toda uma região. Neste caso o fluxo desviado não se reconfigura ao seu trajeto normal e os prédios mais baixos localizados na parte esquerda da imagem saem amplamente prejudicados.

Tipo 6



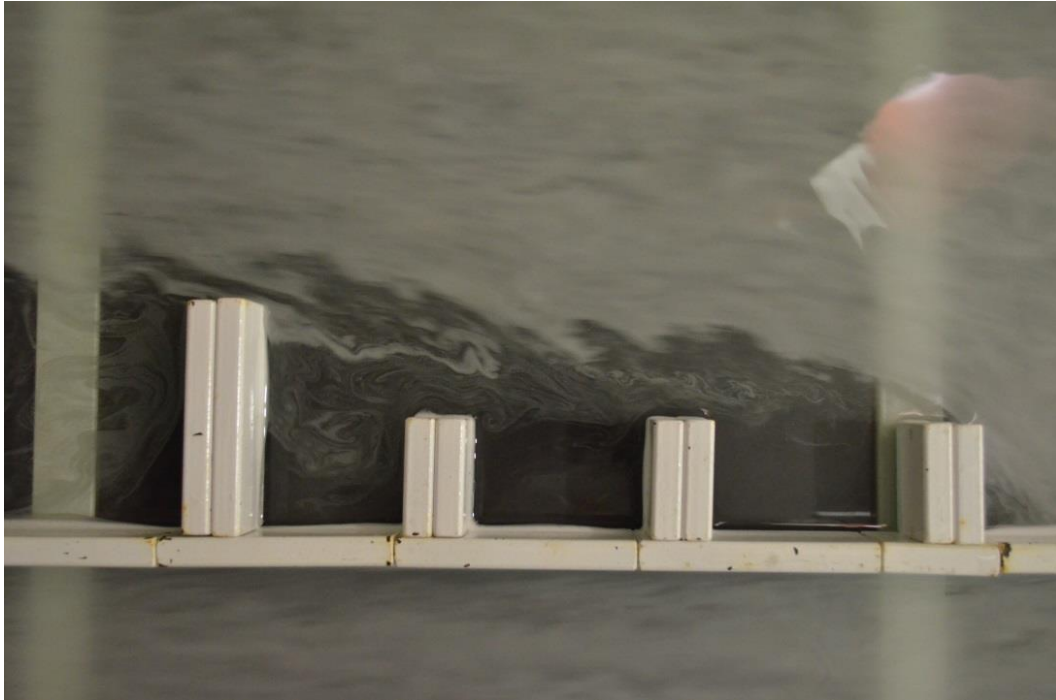
Este ensaio retrata como a implantação de pilotis no projeto, neste caso já teria um efeito imediato e benéfico na circulação geral da região. Através da corrente que fluem por debaixo do primeiro prédio, a circulação na área intrínseca e o vento incidente sobre o primeiro prédio já evoluem de maneira considerável.

Tipo 7

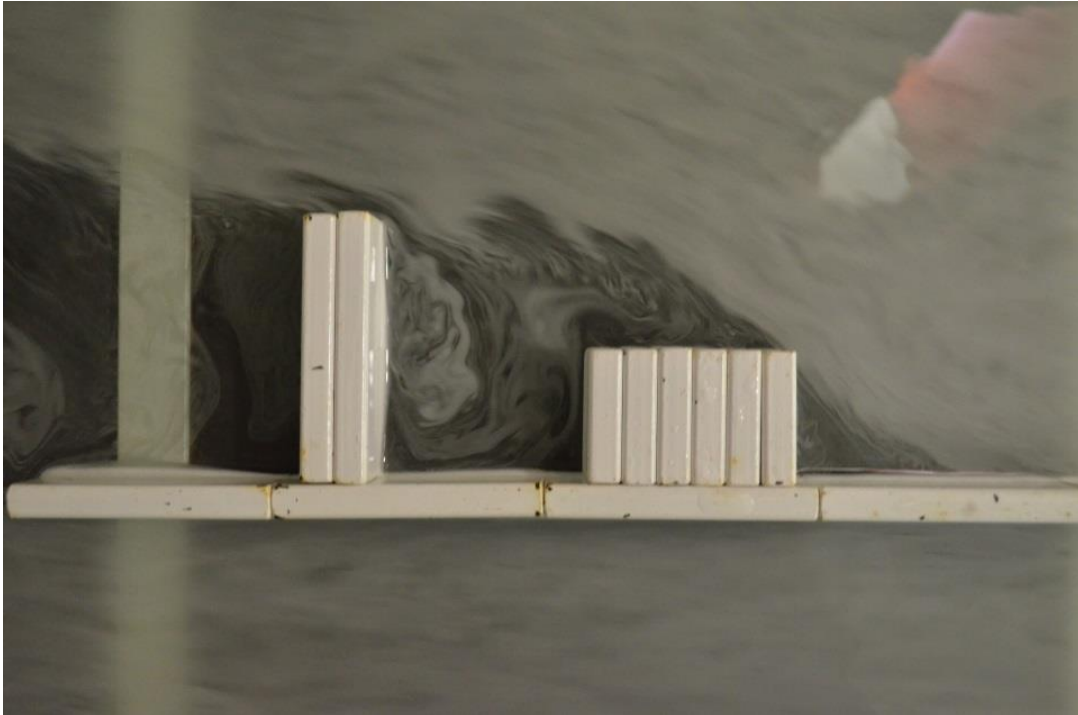
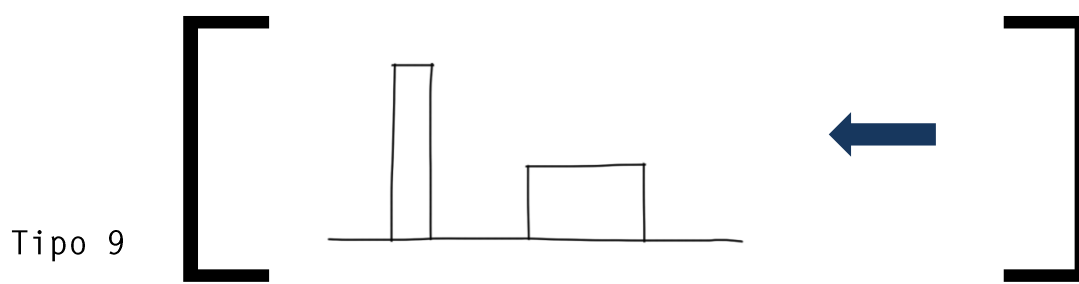


Este ensaio foi realizado com o objetivo de mostrar uma evolução entre as últimas duas tipologias apresentadas. Através da implantação de pilotis por todo o projeto, a circulação entre áreas aumenta. E o prédio poderia ser mais bem beneficiado quanto à formação de áreas verde ou implantação a intervenção.

Tipo 8

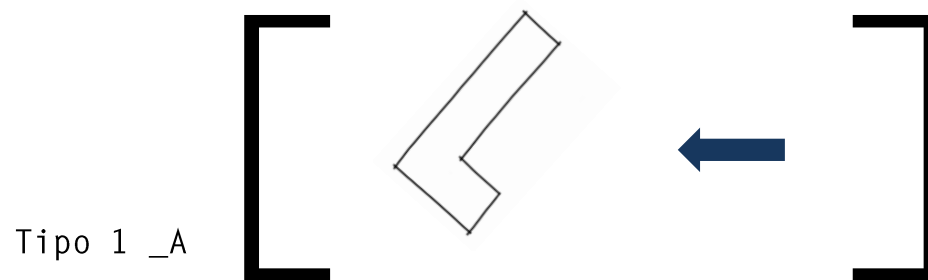


Este ensaio já mostra uma incidência do vento que concorda com a dimensão dos edifícios. Mesmo que o desvio da corrente de ar seja considerável, ainda são formados pequenos vórtices de vento que contribuem para a ventilação nas áreas entre os prédios.



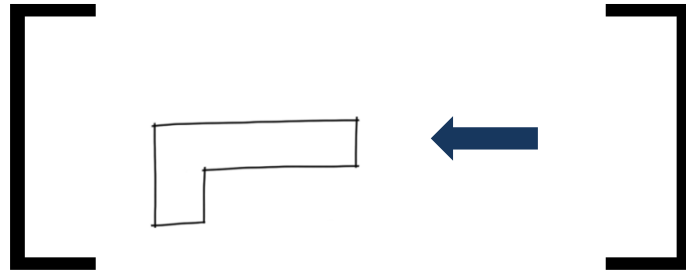
O ensaio apresentado demonstra a relação entre dois edifícios de gabaritos e ocupação diferentes. Semelhante as outras análises, este resultado também permite visualizar o desvio da corrente de ar bem como a formação de um vórtice entre massas, representado pela espuma menos condensada da mesa.

TIPOLOGIAS VISUALIZADAS EM PLANTA.



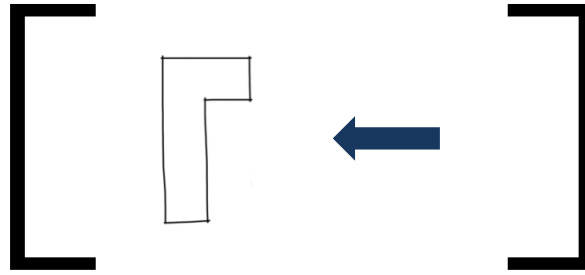
Esta configuração de um edifício em formato de L é usualmente benéfica para o conforto térmico visto que possui mais áreas na fachada para incidência de sol e circulação de ar. Neste ensaio, é possível observar a constituição de um grande espaço vazio que se apresenta como “sombra” do edifício, ou seja, uma região onde a ventilação natural irá ficar comprometida.

Tipo 1 _B



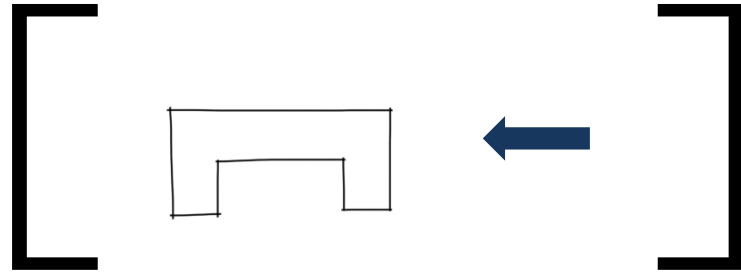
Este ensaio o vento incide sob outras fachadas desta tipologia, e se comparado ao exemplo anterior apresenta certa desvantagem, visto que a área de fachada que irá receber a incidência do vento é menor do que a apresentada no ensaio anterior. Contudo o vácuo formado pela região com ausência de circulação de ar abrange uma região menor, o que pode ser vantagem, dependendo da prioridade com que o projetista abrange essas questões.

Tipo 2 _A



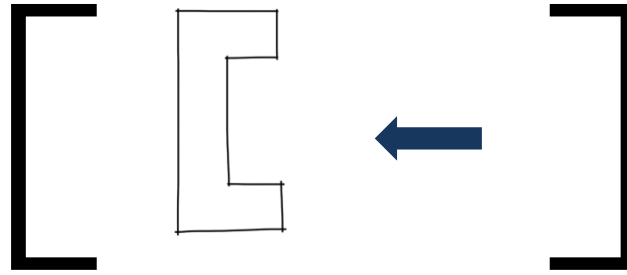
Esta conformação do edifício também leva em consideração a área da fachada atingida pelo vento e a área de “sombra” formada pela dimensão do prédio. Embora esta configuração seja mais bem aproveitada que a anterior, devido à área maior que irá receber as correntes de ventos, sua melhor conformação ainda seria na diagonal, como exemplificada na primeira análise desta tipologia.

Tipo 3 _A



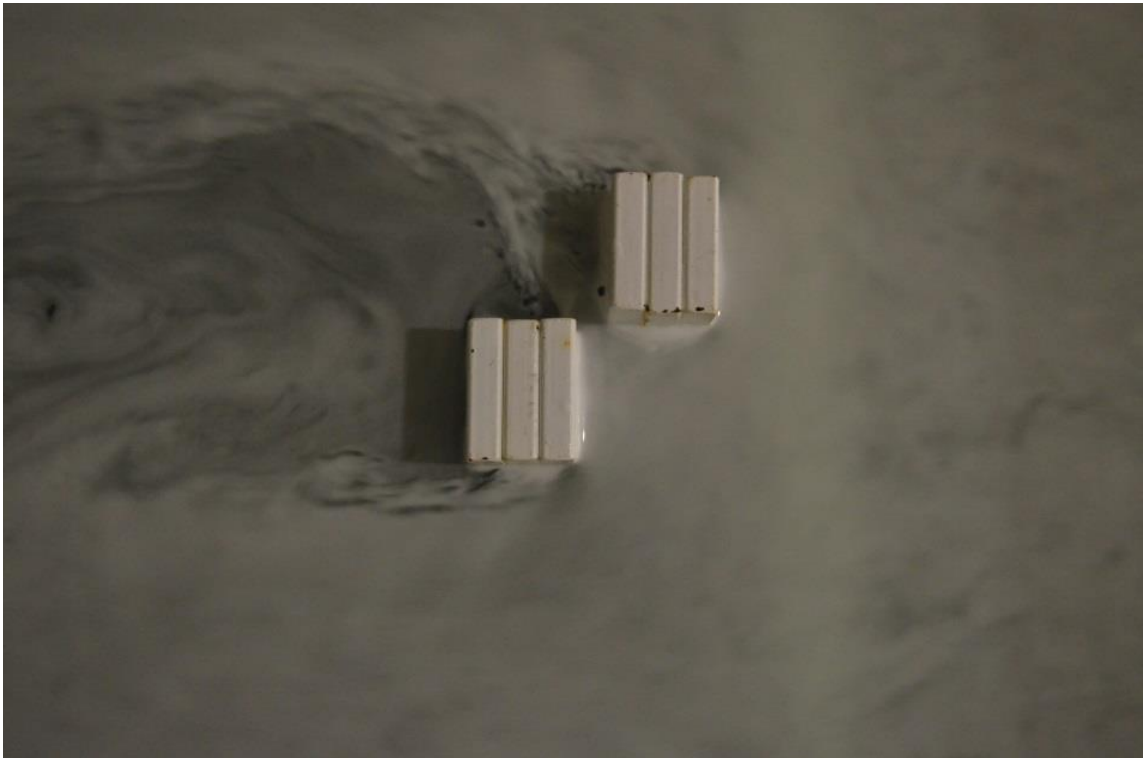
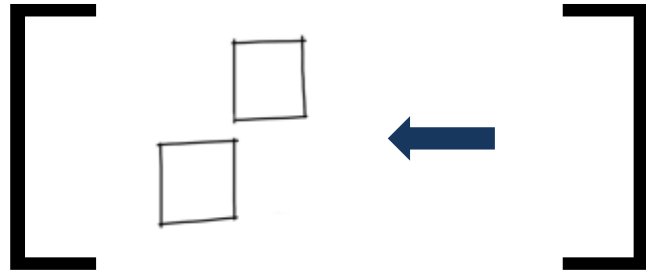
Esta configuração apresenta pouca incidência do vento, pois o maior fluxo de ar passa de maneira paralela as fachadas de maior área. A mesa apresentou este ensaio da forma esperada, pois é perceptível também a região com ausência de espuma que pode ser associada a ausência de circulação de ar.

Tipo 3 _B

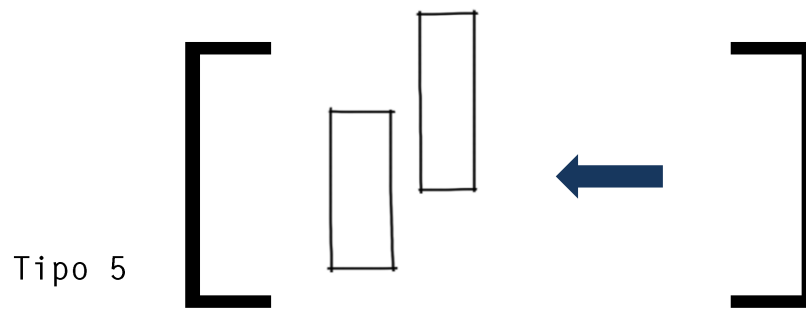


Este ensaio repete a tipologia anterior, entretanto esta implantação leva mais vantagem para o edifício em si, que recebe maior incidência de vento ao longo de sua fachada. Embora esta configuração seja melhor para o prédio pode não ser vantajosa para uma implantação combinada com outros edifícios, visto de a área conformada com ausência de ventilação é bem extensa, o que poderia prejudicar uma implantação serial.

Tipo 4

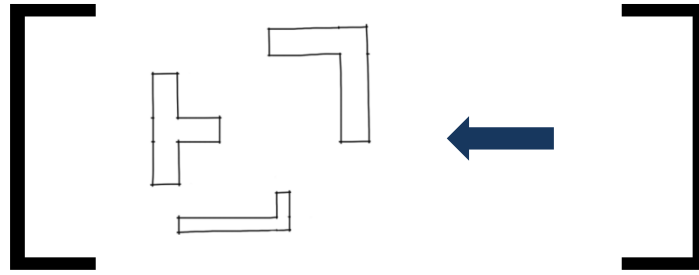


Esta tipologia de implantação entre duas torres demonstra uma boa relação de entorno entre elas. O ensaio na mesa se mostrou eficiente, e é perceptível que ambas recebem boa incidência de vento. Através de sua conformação espacial também se observa que não formam grandes áreas de ausência de circulação de ar, embora para tal análise, é necessário avaliar também a conformação do gabarito entre esses dois prédios.



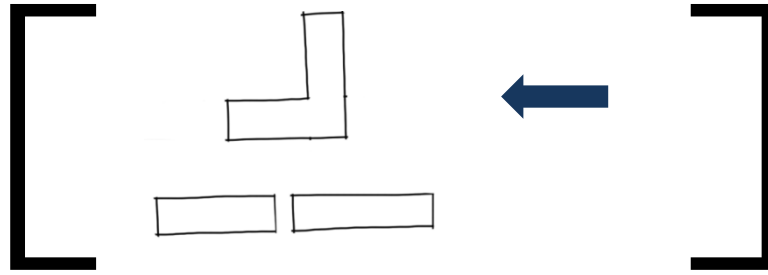
Esta relação estabelecida entre duas possíveis tipologias de laminas alternadas nos permite observar como uma repercute na outra. O ensaio mostrou o resultado esperado. Uma lâmina implantada sozinha forma uma grande área onde a circulação de ar fica comprometida. Entretanto ao se implantarem as duas próximas, a área que estaria em desvantagem em uma acaba por receber parte da ventilação incidente na segunda, sequencialmente. Logo é formada uma passagem de ar entre elas, perpendicular à direção que as correntes de vento advêm. Esta relação se mostra benéfica para ambas.

Tipo 6



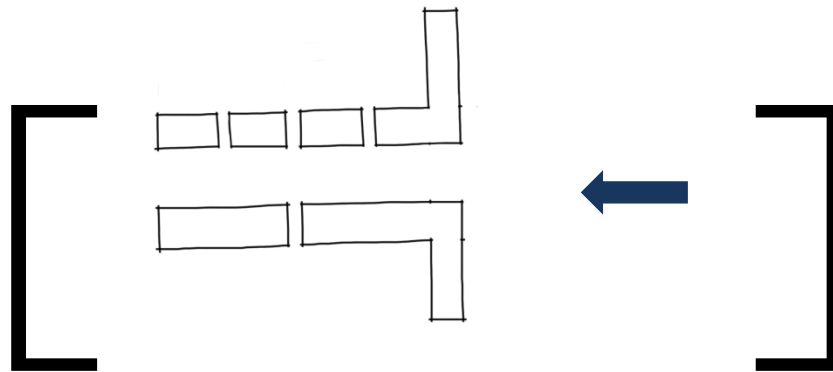
O chamado efeito malha se constitui de diversas tipologias implantadas próximas que acabam por configurar uma circulação especial na região. O ensaio se mostrou eficiente ao apresentar o resultado esperado, onde o fluxo principal e vento que incide nessa região recebe esta configuração, e ainda cria pequenas sub-regiões de circulação menos intensa adjacente a corrente de vento.

Tipo 7



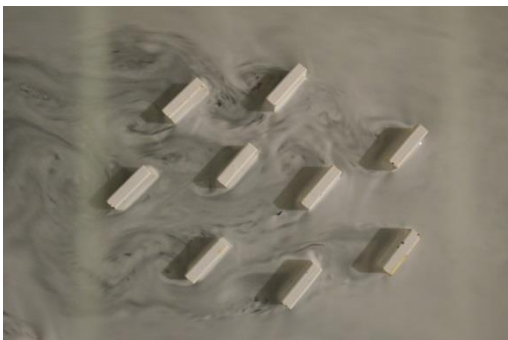
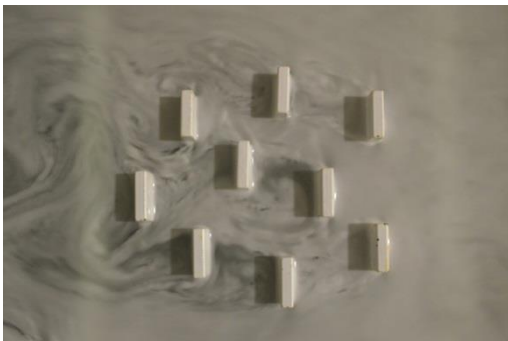
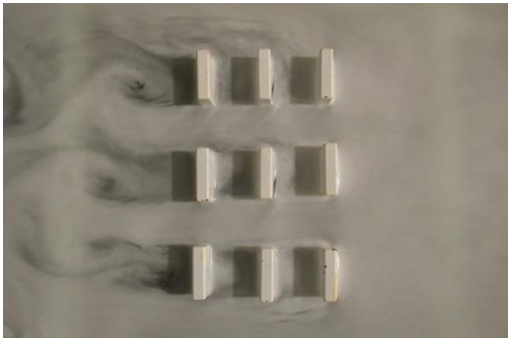
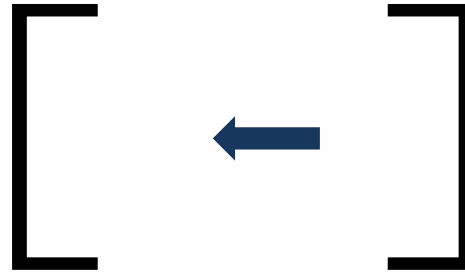
O chamado efeito Venturi demonstra a confluência do vento incidente para uma região, de acordo com a implantação dos prédios do entorno. Neste ensaio podemos observar como a incidência do vento tende a formar um corredor, devido a configuração das tipologias apresentadas. O ensaio se mostrou fiel aos resultados esperados.

Tipo 8



O chamado efeito Corredor acontece quando diversos edifícios se configuram alinhados, com um espaço ao centro. Este efeito é muito comum na configuração do espaço urbano das grandes cidades, especialmente quando combinado com a influência dos gabaritos dos prédios. A mesa d'água se mostrou eficiente ao retratar o resultado do ensaio da maneira esperada, onde é possível visualizar através do contraste da espuma as áreas onde o fluxo de ar é mais intenso ou menos denso.

Tipo 9



Os ensaios referentes a imagens ao lado foram realizados com o intuito de comparar as diversas disposições que uma configuração urbana pode assumir, qual é mais vantajosa para o edifício e qual é mais vantajosa para o meio urbano.

Na primeira imagem é apresentada a pior situação das três tipologias estudadas. O vento que incide em somente uma fachada, não beneficia o edifício da melhor maneira e sua disposição sequencial também cria espaços de ausência de circulação de ar, além de formar corredores onde a velocidade do vento é geralmente muito grande e desconfortável.

Na segunda imagem através da disposição alternada dos edifícios o entorno se beneficia, pois é amenizado o efeito corredor na implantação.

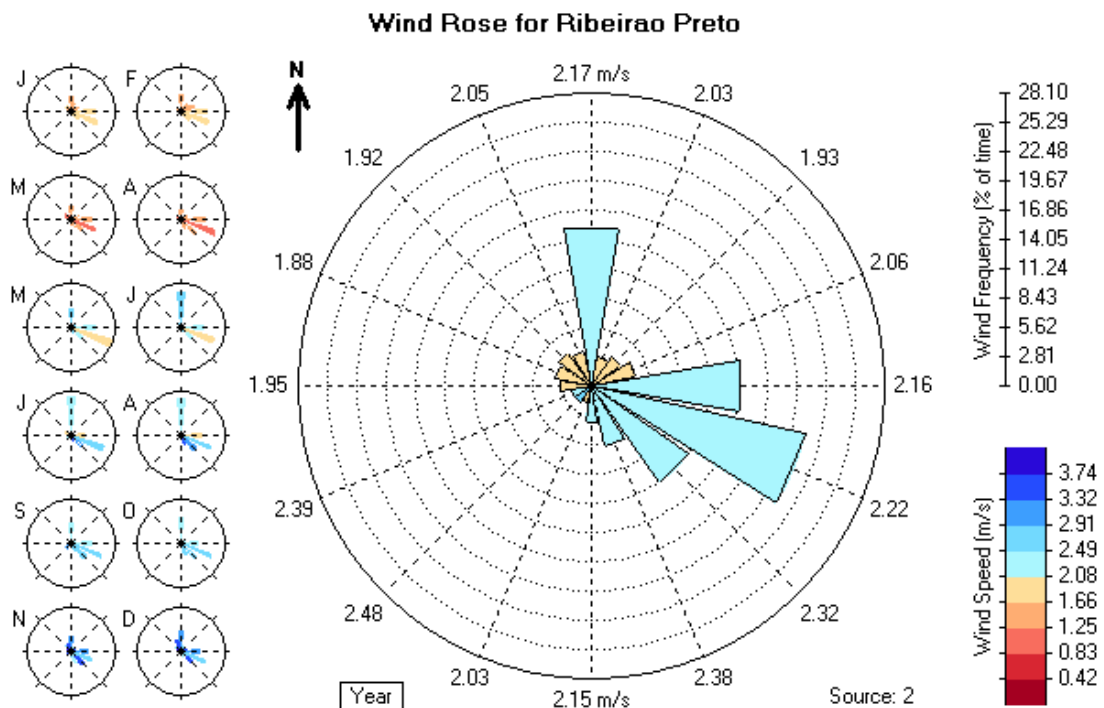
Na terceira imagem podemos observar o que seria a melhor implantação. A incidência do vento a 45 graus engloba duas fachadas do edifício. A área de “sombra” onde não há uma boa circulação de ar atrás de cada prédio também diminui e por sua disposição alternada, não é visível a formação do efeito corredor.

3.5 ENSAIOS REALIZADOS PROJETO ESCOLHIDO

O projeto escolhido para estudo foi uma obra do projeto minha casa, minha vida, localizada na cidade de Ribeirão Preto. A escolha baseou-se na variedade de disposições que a implantação do projeto possui para gerar diversos resultados possíveis de avaliação. A área em questão se localiza na zona bioclimática 4 brasileira e possui as seguintes diretrizes construtivas para habitações de interesse social:

- Aberturas para ventilação médias.
- Ventilação seletiva, nos períodos quentes.
- Aberturas sombreadas.
- Aquecimento solar da edificação no inverno.
- Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento.
- Paredes externas pesadas e cobertura leve e isolada.
- Vedações internas pesadas.
- Aberturas não permanentes, que permitam tanto a ventilação no período quente, quanto o seu fechamento no período frio.

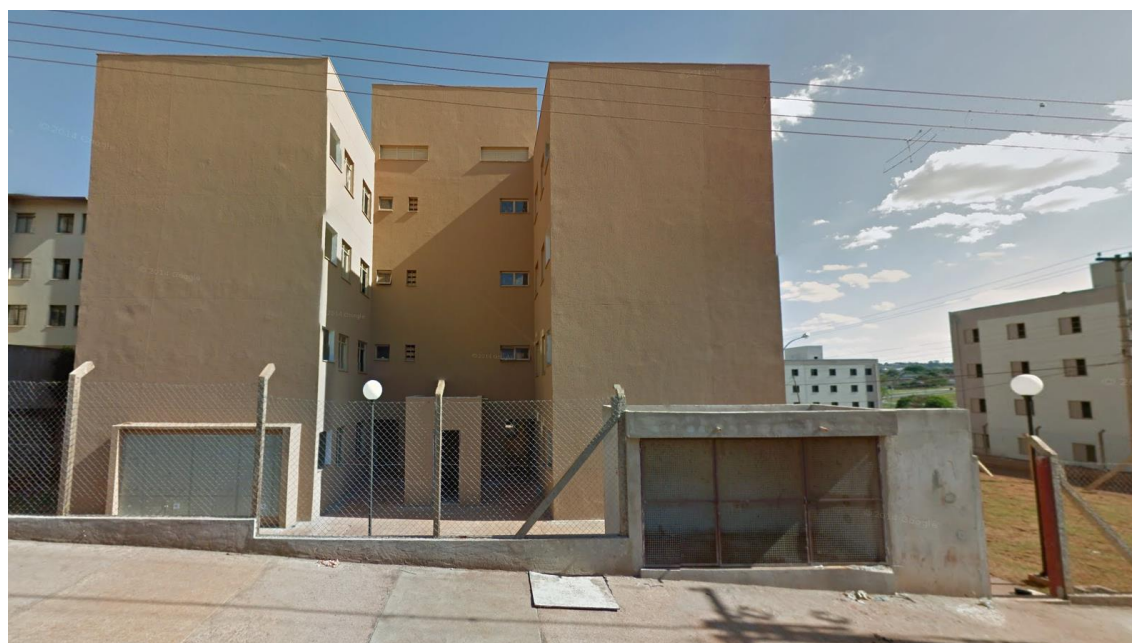
Predominância do vento: És-Sudeste para a cidade de Ribeirão Preto.



RESIDENCIAL DAS AMERICAS



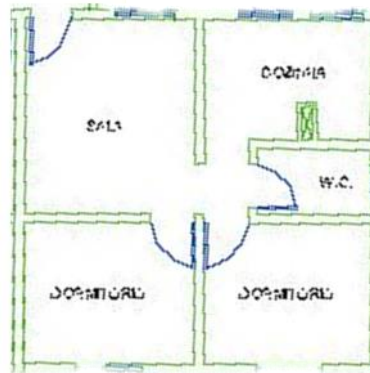
O Residencial das Américas, situado em Ribeirão Preto, é um empreendimento composto por 7 blocos, em um total de 224 unidades . Cada apartamento possui dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro, totalizando uma área de 46,96 m².



Para o início dos ensaios a primeira ação foi pensar na confecção da maquete e qual o desenho dos ensaios que seriam realizados.

DESENHO

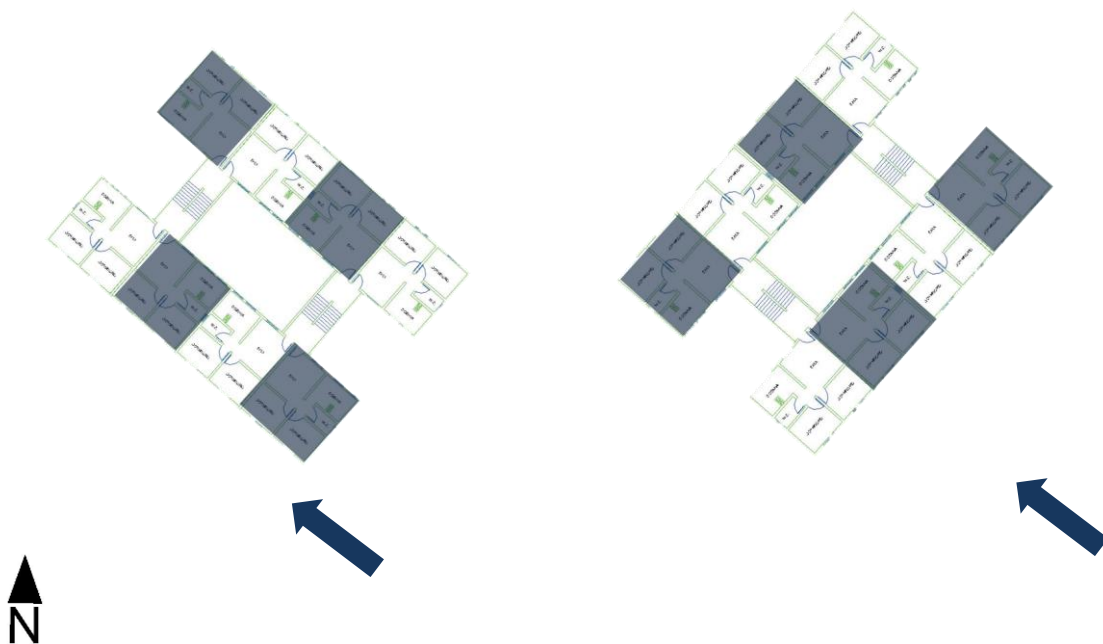
O desenho da implantação não possui variações, logo sua confecção foi simplificada. Quanto a planta dos apartamentos tipos, esta possui configuração semelhante, apenas sendo espelhadas para formar o conjunto. Foi escolhida então a configuração da planta abaixo para a confecção da maquete.



Esta planta ainda se repete de tal forma na configuração do edifício:

Blocos 1,2,3,5

Blocos 4,6,7



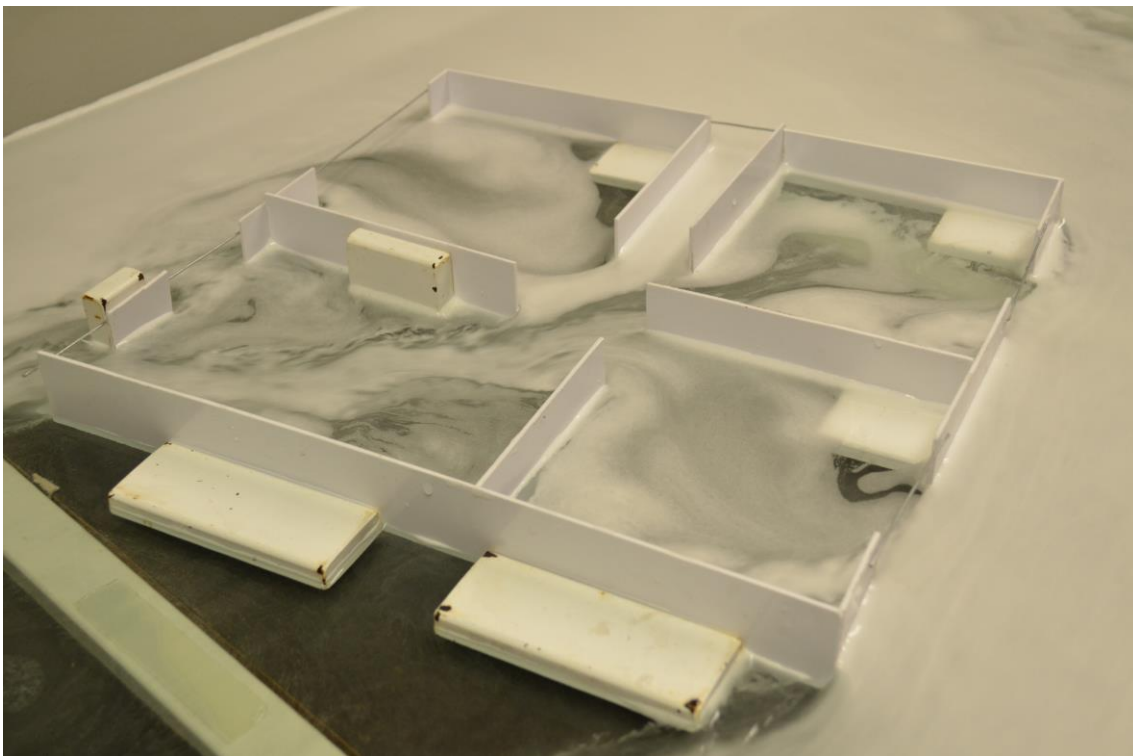
CONFECÇÃO DA MAQUETE

- ESCALA – As escalas das maquetes tiveram como limitação principal o tamanho disponível na mesa d'água, visto que também não podiam se aproximar muito da borda para não causar interferência no ensaio realizado. Outra dificuldade foi a impossibilidade de se reduzir muito o tamanho da maquete, pois as aberturas deveriam ter um tamanho considerável para que o escoamento da água fluísse de forma contínua e o ensaio funcionasse. Desta maneira as escala escolhidas para a realização dos estudos foram 1:50 no meio urbano e 1:25 na planta tipo, escalas que foram jugadas boas e aliaram todas as questões de tamanho envolvidas.
- MATERIAL – A escolha dos materiais aconteceu conforme o principal material de contato da mesa: a água.

Lista de possíveis materiais e suas considerações:

_Isopor _Papel Pluma _EVA _Massinha de modelar]	Estes materiais embora resistissem ao contato com a água por mais tempo, foram considerados muito leves para um ensaio, devido a força que a corrente de água exerce sobre a maquete.
_MDF _Madeira Balsa]	Estes materiais derivados da madeira, não seriam úteis no sentido de armazenamento, visto que em contato com a água poderiam gerar fungos ao longo do tempo. Portanto não foram escolhidos, pois a maquete deveria ter uma durabilidade considerável.
_Acrílico _Poliestireno]	Por fim, optou-se pela escolha do poliestireno, visto que além de duro e resistente, também tem bom comportamento em contato com a água e resultaria em um maquete durável. O acrílico também seria uma boa opção, e os dois materiais tem preço semelhante. A escolha pelo poliestireno foi devido a sua cor branca em oposição ao acrílico transparente que foi jugada melhor para o contraste do ensaio.

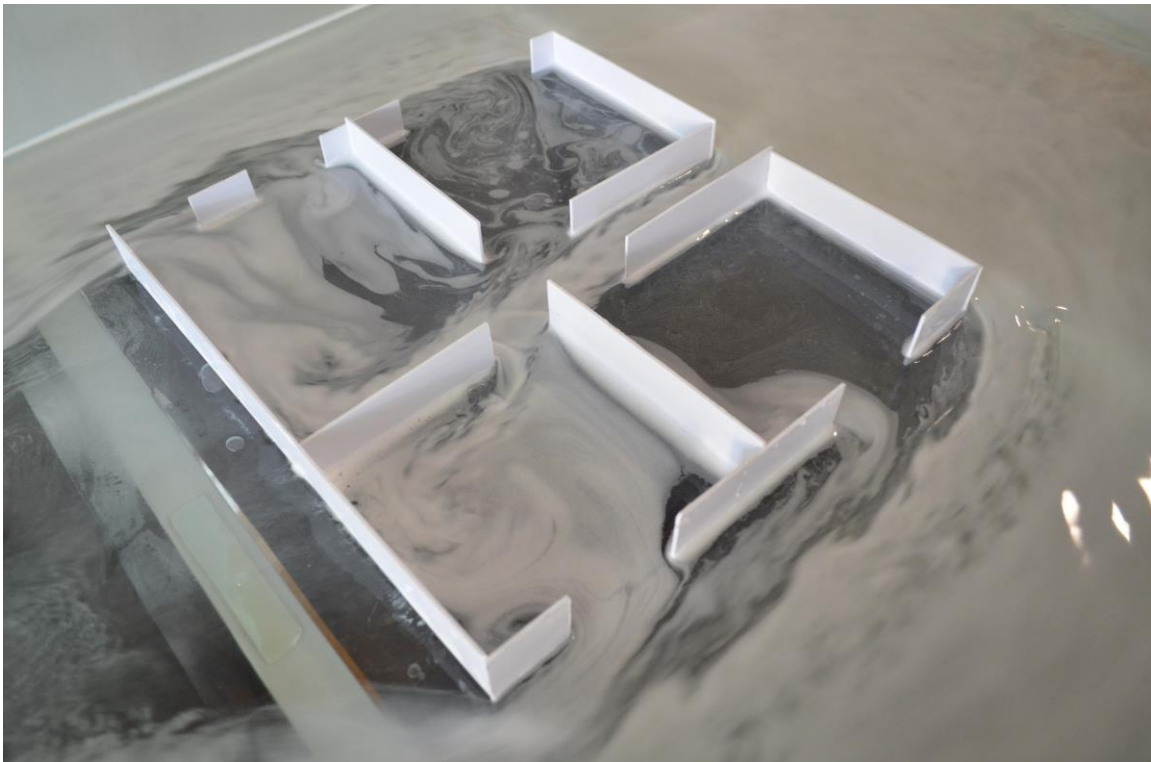
O poliestireno também pode ser limpo e reutilizado facilmente, entretanto um problema durante os testes foi a força com que a água atua nos ensaios, o que impossibilitou o poliestireno de ficar parado por conta própria. Para resolver tal empecilho foi primeiramente testado um sistema que une as diversas partes da maquete através de finas barras de metal, sem contato com a água, a fim de manter a maquete unida. Tal experimento não funcionou, pois a maquete continuava leve e para impedir seu movimento foi utilizados pesos, que embora estrategicamente posicionados ainda poderiam causar interferência nos ensaios.



Para solucionar este problema foi então escolhida uma base de acetato transparente onde a maquete foi fixada com cola instantânea Superbond. O acetato foi fixado na mesa através de fita dupla face. A fita deixa um pouco de sujeira na mesa e na maquete, que deve ser limpo após cada ensaio. A forma da confecção da maquete foi jugada a mais benéfica entre todas.



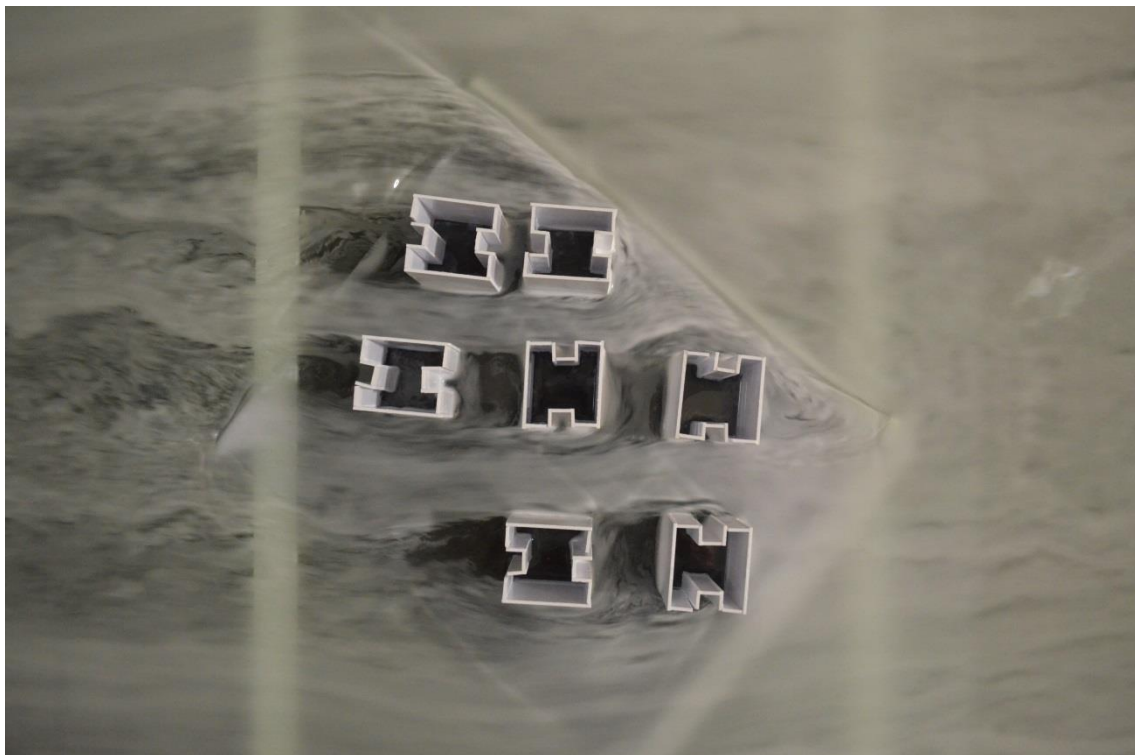
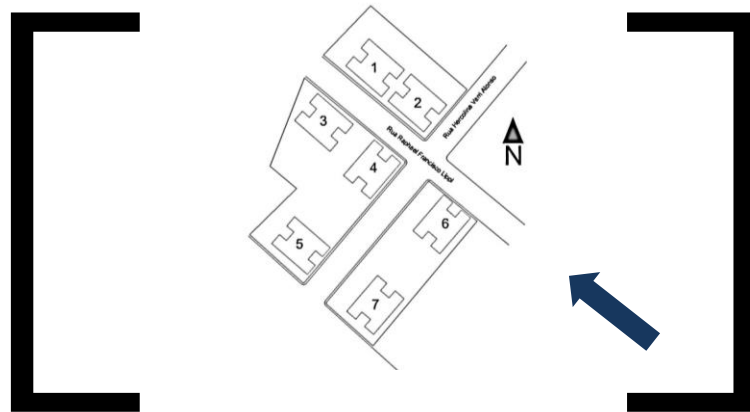
Processo de confecção da maquete



Maquete atuando no ensaio

ENSAIOS _

_IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS NO RESIDENCIAL DAS AMÉRICAS



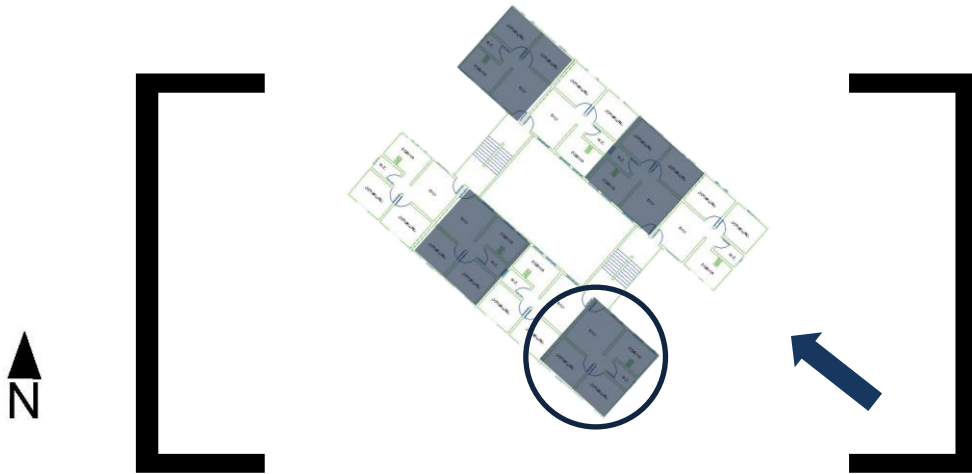
No ensaio em meio urbano podemos observar como a implantação do conjunto beneficia alguns apartamentos (em especial os blocos 2, 4, 6, 7) e como outros possuem um implantação um tanto prejudicial sem a incidência de correntes de ar. Os blocos 1 e 3 foram os mais prejudicados por tal configuração. O ensaio apresentou o resultado esperado, sendo possível visualizar no registro fotográfico as pequenas áreas sombreadas onde não há muita ventilação e um pequeno processo de efeito corredor pela passagem de vento entre os prédios.

Existem duas direções de implantação dos blocos no conjunto, logo diversas configurações de espaço nos apartamentos. Para os ensaios foram escolhidos dois apartamentos que recebiam a incidência do vento, visto que muitos são prejudicados pelas massas edificadas ao redor.

No geral todas as aberturas são reguláveis conforme o recomendado, ou seja, não há aberturas com ventilação permanente. Todos os apartamentos possuem aberturas em orientações opostas, o que favorece a ventilação cruzada. No entanto, devido à presença da caixa de escadas e à proximidade entre os edifícios, ocorrem sombras de vento e a conseqüente redução da ventilação nos apartamentos situados a sotavento.

ENSAIO_

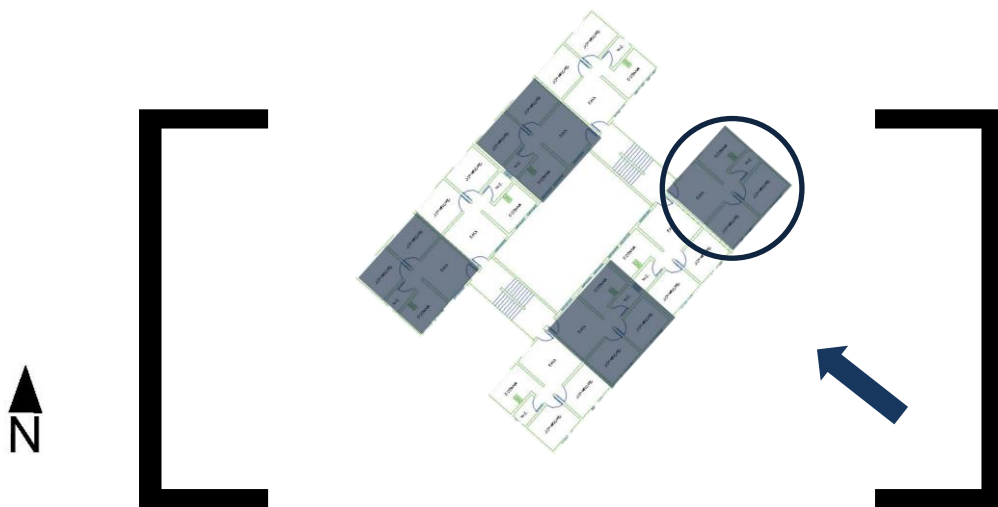
_PLANTA TIPO - BLOCOS 1,2,3,5



Apartamento com o tipo de incidência 1 no qual o vento incide principalmente pela janela do banheiro. Embora a abertura seja pequena é possível observar que o apartamento é bem ventilado, considerando todas as esquadrias abertas. As janelas dos quartos embora na mesma fachada, devido a localização apresentam coeficientes de pressão diferentes. Logo enquanto uma permite grande passagem do vento, a outra abertura com a pressão negativa tem a ventilação interna do quarto prejudicada.

ENSAIO_

_PLANTA TIPO - BLOCOS 4,6,7



Apartamento com o tipo de incidência 2 no qual o vento incide pelas esquadrias dos quartos. É possível observar dois corredores de vento principais, o que pode ser benéfico ou não, dependendo da velocidade. O restante dos ambientes ainda são bem ventilados, com exceção da cozinha que apresenta uma ausência de passagem de ar no canto superior direito. O ensaio se apresentou fiel ao esperado e é possível através da imagem a visualização dos fluxos, dos vórtices formados e da intensidade da ventilação resultante.

4. ELABORAÇÃO DO MANUAL TÉCNICO:

Após a realização desses dos ensaios foi também elaborado um Manual Técnico para o uso do equipamento, com uma avaliação dos melhores métodos e materiais a serem usados, podendo estabelecer um procedimento padrão para uso da mesa d'água. Os ensaios na mesa contaram com um registro fotográfico, para posterior análise de cada caso e documentação dos exemplos estudados, onde a intenção além do estudo de casos foi também realizar ajustes no experimento, a fim de que a visualização proporcionada se dê com o menor erro possível. Esses ajustes se referiram aos variados materiais adotados para a maquete, à escala da maquete, ao contraste usado na mesa, entre outros.

Este manual também abrange os outros aspectos da mesa em si e não somente sua utilização. Isto inclui também o funcionamento de suas partes, seus custos, manutenção e usabilidade. Este estudo completo também é relevante para avaliar a mesa d'água como equipamento didático.

O manual esta presente no Anexo I do presente relatório.

5. Conclusão

Consequente a presente pesquisa, mostra-se relevante a realização de um estudo que auxilie a análise da ventilação natural no ensino da arquitetura. A construção é um dos mais importantes setores da economia, representando sempre um investimento contínuo, e segundo Santamouris (2006) consome cerca de 1/6 dos recursos naturais do mundo. Cabe a arquitetura no papel de projetar tais construções uma consciência para com a necessidade de se preservar o meio ambiente.

Está iniciação científica abordou mais profundamente o tema da ventilação natural e teve como resultado uma avaliação sobre a mesa d'água que espera-se que complemente e acrescente sua utilização de forma cada vez maior em nosso meio, atribuindo mais importância a prática como exercício didático.

Os ensaios resultaram em um amplo catálogo de exemplos de tipologias que auxiliam no entendimento do processo de ventilação como um todo e suas configurações no meio interno e urbano. A forma como ocorreram os ensaios se mostrou positiva, pois foi possível atingir os objetivos dos estudos e ainda avaliar

diferentes métodos para a visualização de ensaios no equipamento. Conclui-se também que a mesa d'água como ferramenta didática apesar de suas limitações é uma excelente ferramenta de estudo principalmente devido ao seu custo e praticidade. A confecção de maquetes para o estudo de projeto na arquitetura é essencial, tanto para a insolação, estudo volumétrico e sua relação com o entorno, quanto para o estudo da ventilação também.

Confere, portanto, que apesar de não permitir um estudo detalhado e minucioso sobre a ventilação natural, a mesa d'água se mostrou eficiente em sua proposta, de auxiliar didaticamente o estudo da ventilação, especialmente em nível da graduação. Os ensaios apresentaram resultados verídicos que na maioria dos casos puderam ser comparados com a bibliografia inicialmente selecionada e comprovar tal afirmação. Entretanto ainda existem pequenas questões a serem resolvidas ou aprimoradas no âmbito da presente pesquisa. A área da mesa disponível para o ensaio, uma possível turbulência e a simplificação no processo de confecção da maquete ainda são demandas que poderiam ser melhoradas a fim de tornar a prática da mesa d'água mais agradável a todos.

ANEXO I - MANUAL TÉCNICO DA MESA D'ÁGUA.

I. O QUE É:

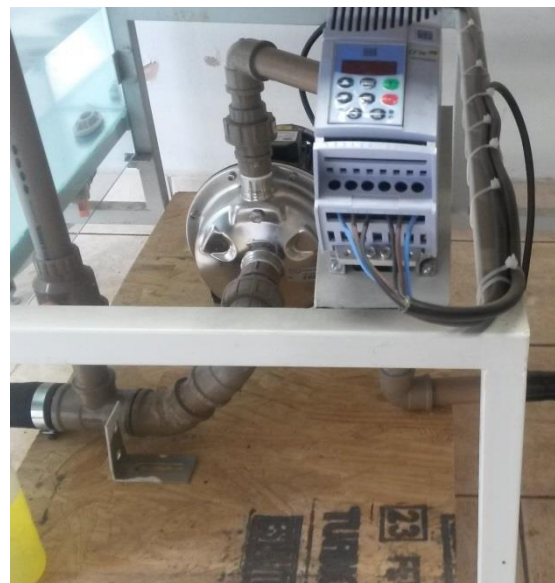
A mesa d'água é um exemplo de modelo físico que permite o estudo da ventilação natural atuante nas edificações. O equipamento recém construído no LCA (Laboratório de Conforto Ambiental) do IAU-São Carlos é de grande utilidade para a análise qualitativa das alternativas da ação do vento e permite a simulação desses efeitos em um modelo analógico hidráulico



A mesa d'água consiste em um equipamento formado por uma placa de vidro transparente (mesa) sobre a qual a água escoa em velocidade uniforme, junto a um indicador (contraste) em um circuito, que constitui o campo de observação e ensaio. A solução em contato com a maquete reduzida possibilita a visualização dos desvios do fluxo, bem como da formação de vórtices e esteiras. Esta parte principal se estrutura sobre rodízios e niveladores, que permitem seu deslocamento. Também compõe o equipamento um sistema hidráulico, outro elétrico, reservatórios e tubulações.



Sistema Hidráulico com encanamentos.



Sistema Elétrico de controle.

II. UTILIZAÇÃO.

A mesa d'água pode ser utilizada de forma ampla no curso de arquitetura. Como participa da fase de estudo preliminar de um projeto, pode ser aplicada em diversas disciplinas, seja para estudo e discussão acerca de um edifício já existente, ou para decisões quanto à forma, orientação, entorno ou verificação de estratégias utilizadas em novos projetos.

Sua utilização é uma maneira simples e interessante para compreender a ventilação natural e avaliar projetos quanto à implantação, volumes e orientação propostos. Auxilia também a projetar situações específicas de dimensionamento de aberturas e obter soluções estratégicas. Ajuda a compreender gráficos e efetuar possíveis correções projetuais, demonstrando sua força como ferramenta didática no curso de arquitetura e urbanismo.

III. SUGESTÕES DE ANÁLISE.

1. Observar o fluxo de água que representa a ventilação natural tanto em planta quanto em corte, pois, por ser um equipamento de visualização em apenas duas dimensões, faz-se a necessidade de mais de um modelo para representar a ventilação real em um determinado ambiente.
2. Verificar a existência de barreiras externas ao edifício que possam influenciar a ventilação natural incidente no ambiente, tal como árvores, outros edifícios, etc.
3. Perceber o uso de estratégias para ventilação e até mesmo insolação, que possam influenciar na atuação do vento, tais como brises, painéis, etc. Também verificar a eficiência de tais estratégias adotadas.
4. Observar a incidência do vento preferencialmente no mesmo período do ano em cada ambiente, para uma análise conjunta do comportamento do edifício como um todo em uma estação, facilitando o estudo da ventilação.

IV. INSTRUÇÕES DE USO.

1. Verificar a direção predominante dos ventos no local e estação do ano escolhidos.
2. Escolher um material adequado para a confecção da maquete de estudos, de acordo com a duração dos ensaios, a variabilidade das aberturas e a base de fixação.
3. Verificar as condições da Mesa d'água, tal como o nível de água correto e a quantidade de detergente necessária.

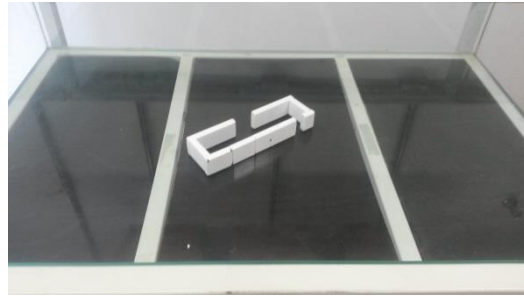
4. Ligar a Mesa d'água (botão verde da imagem ao lado). Através das setas é possível controlar a velocidade da água que passa sobre a mesa. Inicialmente recomentasse a velocidade 45 para o adensamento da espuma e um melhor contraste. Depois para o estudo é indicado uma velocidade de 25.



Mecanismo de controle da mesa, ligando, desligando e controlando a velocidade.

5. Com a passagem da água, posicionar a maquete de modo que o fluxo de água atue na mesma direção que os ventos predominantes no local.

6. Deve-se posicionar a maquete na área ao meio da mesa, para que a força da água não seja tão intensa ou muito baixa, e para que a saída de água turbulenta não influencie no estudo.



7. Registrar as situações apresentadas pela mesa d'água, através de fotografias, vídeos e anotações.
8. Após o uso da mesa, para desliga-la, basta apertar o botão vermelho.
9. É sempre importante lembrar que a mesa demanda uma manutenção constante, sendo necessária sua limpeza e troca de água de tempos em tempos.

V. MATERIAIS

Possíveis materiais e suas considerações:

- _Isopor
- _Papel Pluma
- _EVA
- _Massinha de modelar

Estes materiais embora resistissem ao contato com a água por mais tempo, são considerados muito leves para um ensaio, devido a força que a corrente de água exerce sobre a maquete.

- _MDF
- _Madeira Balsa

Estes materiais derivados da madeira, não seriam uteis no sentido de armazenamento, visto que em contato com a água poderiam gerar fungos ao longo do tempo. Portanto não são indicados caso a maquete precise ter uma durabilidade considerável.

_Acrílico

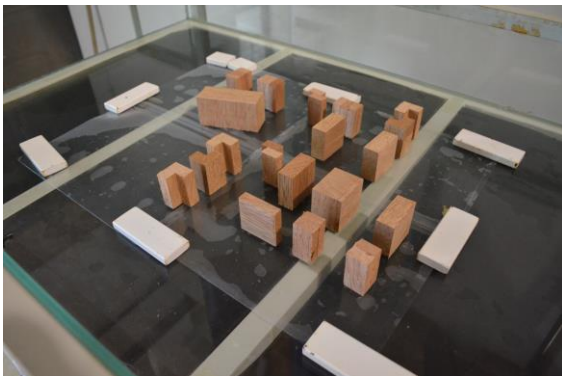
_Poliestireno

Por fim, optou-se pela escolha do poliestireno, visto que além de duro e resistente, também tem bom comportamento em contato com a água e resultaria em um maquete durável. O acrílico também seria uma boa opção, e os dois materiais tem preço semelhante. A escolha pelo poliestireno foi devido a sua cor branca em oposição ao acrílico transparente que foi julgada melhor para o contraste do ensaio.

Registros de alguns outros materiais testados na monitoria e durante a pesquisa:



Ensaio realizado por um grupo da disciplina durante a monitoria. – Utilização de acrílico e acetato para a base.



Ensaio realizado pela própria inicianda para outra disciplina cursada – Utilização de Madeira e acetato para a base.

VI. VANTAGENS

- Praticidade – A mesa d'água não demanda auxílio técnico de outros profissionais para sua utilização. Estando no laboratório pode ser utilizada a qualquer momento, sem a necessidade de um supervisor, visto que seu sistema não é muito complexo.
- Custo – Comparado com outros sistemas de visualização e estudo da ventilação a mesa d'água constitui um equipamento de menor custo, o que é um benefício para sua aplicação em larga escala no ambiente da graduação, onde se faz mais necessário.
- Variabilidade na confecção de tipologias – Os pesos tipos podem proporcionar infinitas possibilidades de configurações de tipos de plantas, cortes e implantações diferentes, o que é uma enorme vantagem em um estudo mais geral da ventilação, onde as medidas exatas não se fazem estritamente necessárias. A possibilidade de confeccionar as maquetes com variados matérias e formatos também é uma vantagem, visto que o usuário poderá ter mais liberdade na escolha.

VII. DESVANTAGENS

- Manutenção – A presença da água faz com que a manutenção do equipamento precise ser frequente, pois pode acumular fungos e bactérias caso a água presente já esteja velha. A necessidade de se trocar a água frequentemente também não é uma atitude muito ecologia. Para que tal questão seja diminuída é necessária uma organização nos horários de utilização do equipamento para que a troca de água e manutenção não precise ser tão frequente.
- Visualização – O fato da visualização da mesa ocorrer em apenas duas dimensões possíveis, planta ou corte, é uma grande desvantagem, pois na maioria dos casos o vento atual em ambas as dimensões simultaneamente, o que pode resultar em resultados na mesa d'água diferentes do modelo na vida real.

6. Referências Bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. NBR 15220-Desempenho térmico de edificações. Parte 3. Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 2005.
- AMARAL, Manuel Antonio Pinto da Silva. **Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação**. 2008. 292 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2008.
- BITTENCOURT, L. S. ; CÂNDIDO, C. M. . Introdução à Ventilação Natural. 3a. ed. Maceió: EDUFAL, 2008. v. 1. 173p .
- FIGUEIREDO, Cíntia Mara de. **Ventilação Natural em edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Limites e Possibilidades do Ponto de Vista do Conforto Térmico**. 2007. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- FROTA, Anésia Barros ; SCHIFFER, Sueli Ramos . Manual de Conforto Térmico. 7ª. ed. São Paulo: STUDIO NOBEL, 2005. v. 1. 243p .
- LAMBERTS, R. ; DUTRA, L. ; PEREIRA, Fernando O R . Eficiência Energética na Arquitetura.. 2. ed. São Paulo: PW editores, 2004. v. 1. 188p Frota, 2001
- LECHNER, Norbert. **Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects**. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2009.
- MASCARÓ, Lúcia R. de. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.
- MATOS, Michele. **Simulação Computacional do desempenho térmico de Residências em Florianópolis utilizando a Ventilação Natural**. 2007. 97 f.

Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- PRATA, Alessandra Rodrigues. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural no meio urbano**. 2005. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- RIVERO, R. **Arquitetura e Clima. Condicionamento Térmico Natural**. Porto Alegre: Luzzato, 1985.
- SANTAMOURIS, Matheos. **Advances in Passive Cooling**. London: Earthscan, 2007.
- SANTAMOURIS, Matheos; WOUTERS, Peter. **Building Ventilation: The State of Art**. London: Earthscan, 2006.
- SANTAMOURIS, Matheos. **Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach**. London: Earthscan, 2006.
- TOLEDO, A. M. **Avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos: uma aplicação em Maceió/AL**. Tese (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- TOLEDO, E. **Ventilação Natural das habitações**. Coordenação da publicação brasileira por Alexandre Toledo. Maceió: EDUFAL, 1999.
- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R.. **Caracterização de Sistemas de Ventilação Natural em Tipologias Correntes de Dormitórios em Maceió –AL**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações/ II Workshop IBPSA-Brasil, 2003, São Pedro. ENCAC 2001..., 2001.

- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R.. Incompatibilidade na Orientação Preferencial dos Edifícios em Maceió: Ventilação Natural ou Condicionamento do ar? In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações/ II Workshop IBPSA-Brasil, 2003, Fortaleza. ENCAC 1999..., 1999.
- TOLEDO, A. M. ; PEREIRA, F. O. R. . O potencial da mesa d'água para visualização analógica da ventilação natural em edifícios.. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações/ II Workshop IBPSA-Brasil, 2003, Curitiba. ENCAC 2003..., 2003.
- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R.. O lugar da Arquitetura Bioclimática no Panorama das Tendências da Arquitetura Moderna e Contemporânea. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações/ II Workshop IBPSA-Brasil, 2003, Fortaleza. ENCAC 1999..., 1999.
- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R.. Visualização Analógica da Ventilação Natural pela ação do vento em edifícios residenciais na mesa d'água.. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações/ II Workshop IBPSA-Brasil, 2003, São Paulo. ENCAC 2004..., 2004.