



SOFRER PARA APRENDER:

DESCONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA

ROMERO, Marta Bustos (1); CLÍMACO, Rosana Stockler (2); ANDRADE, Max (3);

BIAVATI, Rodrigo, SOTERO, Fábio da C. (4)

(1) Professora, Doutora, (2) Professora, Mestre (3) Arquiteto, Mestrando (4) Alunos de Graduação

Laboratório de Controle Ambiental – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise de condições termo-ambientais de algumas salas de aula do *Campus Darcy Ribeiro*, Universidade de Brasília, como resultado de estudos de alunos do curso de graduação de arquitetura. Tem por objetivo a investigação sobre que aspectos comprometem sua qualidade ambiental, tanto pelo interesse do exercício para aprendizagem dos alunos como para subsidiar ações revitalizadoras das salas existentes e novos projetos que serão construídos no *campus*.

ABSTRACT

This paper deals with an analysis on the academic space in the campus of the University of Brasilia, some buildings like classrooms buildings of this university are taken as the main examples. The analysis aims to establish patterns of social sustainability according as the following criteria: accessibility, security, environmental comfort and architectural appearance or size proportion (i. e. building aesthetic). The findings of this analysis show that they don't have a good bioclimatic performance (for example, height temperatures in their rooms).

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta os resultados da avaliação do desempenho higrotérmico de seis salas de aula realizada por alunos da disciplina de Conforto Térmico Ambiental, e avaliação pós-ocupação de uma das salas, na disciplina de Ensaio Teórico. Estas salas pertencem a edifícios localizados em três áreas distintas do *campus*, sendo duas da Faculdade de Educação – FE-1; duas do Instituto Central de Ciências – ICC, e duas do Pavilhão Anísio

Teixeira- PAT. O último, no vetor norte de expansão do Campus, destina-se exclusivamente a salas de aula, em terreno de 78.185 m² com 54.730 m² de área *aedificandi*. O objetivo do trabalho é investigar que aspectos comprometem seu desempenho térmico, e se estes aspectos são recorrentes neste *campus*. A partir do clima de Brasília, são analisadas variáveis, tais como: implantação, orientação, forma, proporção de aberturas e fechamentos, materiais e



componentes constituintes, e foram objeto de simulações nos programas *Arquitrop* e *Luz do Sol*. À luz das diretrizes de planejamento do *campus*, das normas e recomendações

construtivas para salas de aula, são indicados os principais aspectos que comprometem sua qualidade termo-ambiental.

CLIMA DE BRASÍLIA

Vanhargen, Cruls e o botânico Glaziou estiveram no Planalto Central em fins do século XIX à procura de um sítio para a nova capital, em 1954, a firma Donald J. Belcher e Associados foi contratada pelo governo brasileiro para executar os levantamentos necessários para a definição do local para a implantação da cidade, dentro de uma área retangular do estado do Goiás previamente determinada com uma extensão de 50.000 km². Para a escolha do sítio, a leitura morfológica da paisagem, considerou sua dimensão ambiental, estética e humanizadora.

A região do Distrito Federal, situada entre os paralelos 15°30' e 16°03' e os meridianos 47°18' e 48°17' a oeste de Greenwich, tem notada influência da continentalidade e, em menor escala, da altitude (média de 1100m) no aumento da amplitude térmica de seus dados de temperatura. O somatório dos diversos fatores climáticos enquadra Brasília no clima Tropical de Altitude.

Segundo as Normais Climatológicas (período 1961-90), a temperatura média anual, em Brasília, é de 21,2°C, oscilando entre 19,1 à 22,5°C; a média das máximas é de 26,6°C e das

mínimas, 16,1o C. Valores estes que se enquadram na faixa de conforto para os padrões brasileiros. Observando-se, porém, as temperaturas absolutas, máxima de 34,5oC e mínima de 1,6oC, nota-se que, ocasionalmente, ocorrem situações de desconforto, principalmente em relação ao frio. De abril até setembro, a umidade relativa do ar diminui alcançando níveis inferiores a 20% nos horários mais quentes do dia (em torno de 15hs). No inverno, a umidade relativa média é de 55%, enquanto no verão, é de 77%. Dezembro é o mês mais úmido (79%) e agosto o mês mais seco (49%).

O que propicia tempo bom e inversão térmica em suas camadas superiores (ocorrência de bruma seca acumulação de fumaça e partículas oriundas de queimadas) no inverno, ao mesmo tempo em que alta instabilidade no verão. Mudanças bruscas nessas condições ocorrem geralmente com a chegada dos ventos oeste e noroeste (final da primavera e início do verão) provocando chuvas e trovoadas. Segundo estudos recentes de Goulart et *alii* (1997), os dados climáticos de Brasília encontram-se nas faixas de conforto, em 43,6 % das horas do ano; de desconforto, por frio, em 33,9% e por calor, em



menor medida, em 15,1%. Comparando-se estes dados com os das demais capitais estudadas pelos autores, observa-se que Brasília é a capital mais confortável, climaticamente falando. Entretanto, a baixa umidade relativa do ar, principal causa do desconforto diurno no período seco em Brasília, não foi citada no relatório talvez pelo fato de ser considerado 20% como limite mínimo da zona de conforto. Porém, o desconforto já se faz sentir e a situação passa a crítica logo abaixo deste valor. Em Brasília, a radiação solar alcança valores elevados durante todo o ano, o que aumenta a sensação de desconforto nos dias quentes e secos. Ainda segundo as Normais Climatológicas (1961-90), a média de insolação total é de 2364 horas. Julho e agosto se apresentam com os maiores valores de horas diárias de sol, média de mais de 260 horas de insolação. Os ventos são constantes e apresentam-se fracos, com uma velocidade média de pouco mais de 2m/s, sendo que no período das chuvas sopram principalmente do norte e noroeste, e no período seco passam a soprar de leste e sudeste, sendo leste sua frequência média anual.

Brasília apresenta índice de precipitação total anual até 50% acima da média nacional, porém as chuvas são mal distribuídas durante o

ano. A duração do período seco é relativamente alta, entre 4 e 5 meses (de maio a setembro). O início da estação das chuvas, outubro, é marcado por chuvas ocasionais e muito intensas. Como seu sítio físico é basicamente convexo, o escoamento das águas pluviais é facilitado. E, apesar do desmatamento sistemático evidenciado, é ainda grande a quantidade de áreas verdes existentes, aproximadamente 250m²/hab; é importante que este alto índice seja mantido pela baixa permeabilidade do solo argiloso de Brasília.

Comparando os dados das Normais Climatológicas com os obtidos por Ferreira (1965), percebem-se no clima de Brasília algumas diferenças introduzidas pelo processo de urbanização dos últimos 30 anos (1961 - 1990): as temperaturas não sofreram grandes diferenças; mas precipitações e a umidade diminuíram; janeiro já não é o mês mais úmido, (agora é dezembro) nem setembro é o mais seco (agora é agosto). A velocidade dos ventos aumentou, mas suas direções mantiveram-se as mesmas. A insolação tem diminuído de um modo geral, mas tem aumentado no verão.

DIRETRIZES DE PLANEJAMENTO

Em 1960, foi elaborado por Lúcio Costa, o Plano Piloto para o *campus* da UnB, um

desdobramento do seu Plano Piloto para Brasília. Nessa proposta, o acesso principal, a “frente do



campus”, seria pela via mais próxima do lago Paranoá; a partir da sua Praça Maior estaria constituído de “parcelas” como “quadras internas”, dentro da linguagem formal funcionalista, e sugere a implantação dos prédios isoladamente. O princípio do zoneamento em sub-setores de áreas universitárias, mostrava edificações dispersas. Não havia, como a seguir ocorreu, uma composição dominada por uma ou outra edificação de maior importância. Em 1962-64, Oscar Niemeyer desenvolve o projeto do Instituto Central de Ciências (ICC), uma longa barra curva que deveria reger as possíveis composições do plano de ocupação e emoldurar a Praça Maior, definida com quatro edifícios de caráter monumental: Museu da Civilização Brasileira, Aula Magna, Biblioteca Central e Reitoria. Destes, só foram construídos os dois últimos. No Plano de 1971, os edifícios que abrigavam as atividades comunitárias foram “considerados incompatíveis com o caráter original proposto para a Praça Maior” (UnB, 1974:53).

Os espaços “não monumentais” (aspas de FUB, 1998) existentes não se mostram articulados como conjunto; as novas edificações parecem se propor como “pequenas monumentalidades”, como se o campus fosse um parque de pavilhões, sem que expressem uma relação entre elas, inteligível e premeditada.

Segundo Zimbres (1986:370), “o modelo de configuração plástica do *Campus* da UnB

corresponde ao de Brasília desde a postura de transformação frente às condições ofertadas pelo meio natural, registrando-se a mesma atitude de substituição daquele por uma segunda natureza ...”. Não se estabelecem relações com o significado do entorno, natural e construído; e não há elementos que concentrem as relações de sociabilidade e troca constituindo, assim, “espaços neutros”. A ênfase na escala gregária do convívio, como complemento da escala urbana do *campus*, é apontada como diretriz para a ocupação das novas áreas no Plano Diretor Atual (FUB, 1998). Neste sentido, destoa a construção de pavilhões, com a função específica de abrigar salas de aula, deslocados das possibilidades da realização dos “convívios” complementares. O plano também recomenda “módulos” de configuração flexível, aptos para o crescimento e adição de componentes, evitando a “tipologia isolada” de edifício. Define a altura máxima permitida (12m), índice de aproveitamento (1), taxa de ocupação (entre 50% e 70%); ocupação obrigatória de sub-solo com estacionamentos para carga e descarga e/ou depósitos. Acertadamente as diretrizes de paisagismo são no sentido de valorizar as vistas sobre o Lago do Paranoá, uma vez que o *campus* na parte mais alta da colina tem vista privilegiada do mesmo, apresenta suave declividade em direção ao lago, sem que nenhuma interferência interrompa este diálogo direto.

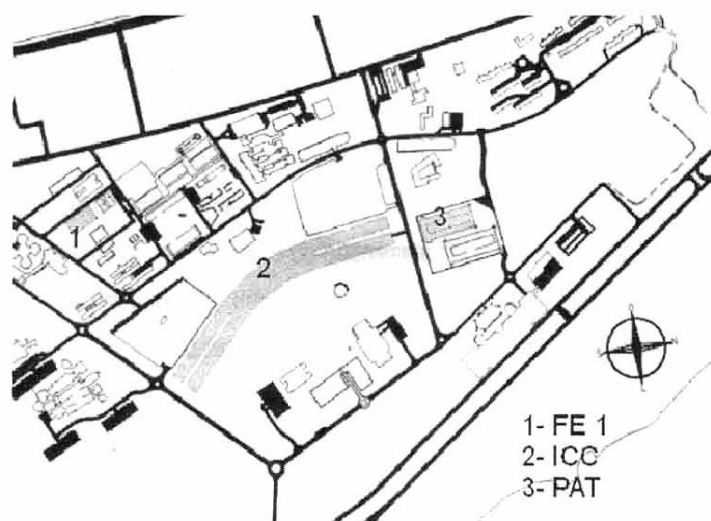


Fig 1- Planta geral do Campus da UnB, com indicação dos edifícios em análise

SALAS DE AULA: DESCRIÇÃO FÍSICA, SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram feitas simulações nos citados programas para as seis salas de aula, nas datas de 27 de maio e 15 de outubro, como dias típicos de inverno e de verão, respectivamente, conforme recomenda metodologia proposta em Goulart (1997) para Brasília. Em todas as simulações foram consideradas as portas fechadas e as janelas em suas aberturas máximas a partir das 8,00 horas da manhã até as 18,00 horas e seu fechamento a partir daí até 8,00 horas; ocupação diurna apenas, de 30 adultos por sala, das 8,00 até as 12,00 e das 14,00 às 18,00 horas.

4.1 Instituto Central de Ciências (ICC) –

As duas salas analisadas da ala norte, térreo, são chamadas, no trabalho, de ICC FAU e ICC Oeste (ver figura 2).

Sala ICC FAU (bloco A) - Vedações da sala: sua face externa é voltada para o corredor de circulação do ICC; é toda constituída por panos de vidro aramado (1,00m de largura e altura do pé direito), com pequenas aberturas abaixo das vigas (máximo-ar) e pequenas venezianas metálicas, em alguns dos panos (0,30m de altura, logo acima do piso); não há nenhuma abertura ao nível da ocupação e nem visibilidade do exterior (vidro rugoso); pelo excesso de luminosidade foram colocadas cortinas de *blackout* que impedem a ventilação cruzada. Na face interna, oposta, as vedações são constituídas por armários de madeira, com pequenas venezianas metálicas acima e a porta de madeira. As outras duas vedações são em alvenaria de tijolos, sem aberturas. O teto (piso do mezanino) é em concreto aparente e o piso é de granitina.



Análise ambiental: para as datas simuladas, de verão e inverno, os responsáveis pelos ganhos de calor são principalmente os vidros e a ocupação; as temperaturas de conforto são excedidas a partir das 10,00 horas da manhã, no verão e no mês mais frio, as temperaturas de conforto ocorrem até as 16,00 horas. Como as simulações foram feitas com as janelas abertas, mas nestas salas há cortinas fechandoas, as condições reais são ainda piores. Conclui-se que as aberturas para ventilação estão aquém dos mínimos recomendados, mesmo se não houvesse cortinas; quando estas se abrem causam ofuscamento e há penetração da luz solar direta, à tarde; o valor de transmitância térmica da parede externa, vidro aramado, está acima do valor recomendado e o de atraso, abaixo. Pode-se, portanto concluir que esta sala não atende às recomendações de diretrizes construtivas; os resultados das simulações indicam que o conforto higrotérmico só ocorre quando acontecem as menores temperaturas do ano. A ausência de ventilação cruzada é comprometedora da qualidade ambiental da sala; a ocupação e o excesso de vidros são responsáveis por aumentos das temperaturas ambientais acima das exteriores sem que a ventilação seja o elemento a neutralizar este efeito. Como a ocupação não é componente do projeto arquitetônico, mas dado do programa; as vedações, especialmente os vidros aramados translúcidos, são os responsáveis pelo aumento das temperaturas internas, além de privarem os usuários da visão agradável dos jardins contíguos.

Sala ICC Oeste (bloco B) - Vedações da sala: esta sala tem parede externa de concreto; as únicas aberturas são pequenos orifícios no alto da parede ao longo de toda face, sem visibilidade para a área externa. Abaixo deles se localiza o quadro negro. A face oposta, voltada para o corredor interno do ICC, é de alvenaria de tijolo e contém a porta de acesso; esta fica constantemente fechada por causa do ruído proveniente das salas contíguas e da circulação externa.

Análise ambiental: os resultados indicam que a ocupação é a principal responsável pelos ganhos de calor e em menor medida, a fachada externa em concreto aparente, sem vidros; as temperaturas de conforto não são excedidas nem para o mês mais quente simulado; no inverno ocorre um pequeno desconforto por frio até as 10,30 horas (temperaturas abaixo de 22°C). Para esta sala, o valor de transmitância de calor é adequado, assim como a inércia térmica das paredes, mas outros requisitos não são atendidos. Os pequenos orifícios da face externa da sala não se fecham durante a noite mas estão aquém dos mínimos recomendados para área de ventilação e iluminação mínima. Apesar das simulações terem sido feitas para ocupação de 30 adultos, na realidade elas são utilizadas por turmas de aproximadamente 40 alunos em condições precárias de ventilação; há ainda o ofuscamento gerado pela alta luminosidade dos orifícios, em contraste com o entorno escuro do concreto e do quadro negro. Também nesta sala não há visão do exterior.

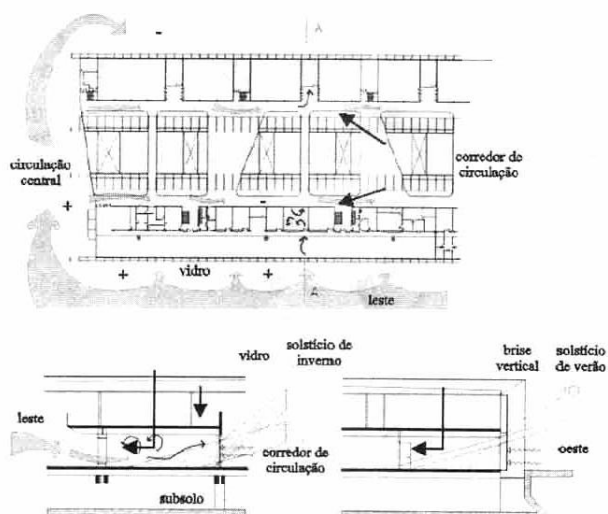


Fig. 2 - Planta parcial do ICC e corte transversal com indicação das salas em análise (preenchidas com textura) e esquema dos fluxos de vento e radiação incidente

4. 2 Pavilhão Anísio Teixeira - Este novo edifício, inaugurado em 1999, tem forma longitudinal e contém um corredor central com salas voltadas para orientação leste ou oeste (ver fig.3). Além das salas há sanitários e ambientes de apoio. Foram analisadas salas nas duas orientações principais do edifício. Neste local foi realizada uma avaliação pós-ocupação pela aluna Alessandra Passero. Foi elaborado um questionário com dez perguntas fechadas (com alternativas de múltipla escolha) e aplicado a uma turma do período matutino numa sala de face leste do edifício. As respostas permitiram as seguintes considerações: a sala de aula foi considerada ótima quanto ao tamanho, razoável quanto à ventilação (que só ocorre com a porta aberta), com desempenho precário nos dias quentes e, bom nos dias frios; péssima, quanto ao ruído externo e ótima, quanto à iluminação (porém considerada excessiva, por alguns).

Sala Anísio / face leste - Vedações da sala: a fachada externa tem vedação em esquadrias metálicas, deslizantes, com vidros transparentes, que abrem metade de sua área; brises horizontais externos metálicos (tipo persiana), fixos, pintados de branco que diminuem, em parte, a luminosidade excessiva; não chegam, porém, a escurecer a sala para projeções. A face oposta é em alvenaria com pequenas venezianas de vidro na parte superior, em toda a extensão, e contém a porta de acesso. Como na face oposta as aberturas são mínimas, não há boa ventilação cruzada no nível da ocupação. Na ocorrência de chuvas, os vidros têm que ser fechados por não haver beirais impedindo assim, qualquer ventilação cruzada. Importante lembrar que as maiores pluviosidades ocorrem no verão, com temperaturas medianamente altas. As demais vedações são de alvenaria rebocada e pintadas de branco.

Análise ambiental: as simulações apontam os vidros e a ocupação como os principais responsáveis pelos ganhos de calor; indicam que a sala apresenta desconforto por frio, em maio, até as 9,30 horas quando a temperatura se eleva a partir de então atingindo desconforto por calor a partir das 11,00 horas até 14,00; no mês mais quente simulado, outubro, as temperaturas de conforto são excedidas a partir das 10,00 horas da manhã. Pode-se, portanto, também concluir que esta sala não atende a muitas das recomendações de diretrizes construtivas e pouco atende aos parâmetros de conforto higrotérmico. Neste caso, a visibilidade do exterior é propiciada, porém incorre na falta de sombreamento das aberturas o que provoca ofuscamento para as fileiras próximas desta face e são necessárias cortinas para projeções. O formato retangular da sala tem a maior dimensão na largura ocasionando um layout desfavorável (menor profundidade e maiores ângulos visuais).

Sala Anísio/face oeste -Vedações da sala: repete as condições da anterior com inversão da orientação da face envidraçada, agora, oeste.

Análise ambiental: como na anterior, os responsáveis pelos ganhos de calor são principalmente os vidros e a ocupação, porém apresenta os piores valores de ganhos térmicos de todas as simuladas e os maiores valores de temperatura ambiental, à tarde. Mesmo no mês mais frio, a partir das 11,00 horas começa o desconforto por calor que no mês mais quente atinge 36 o C por volta das 17,00 horas. Se os vidros se fecham, em horas de chuva, as condições são ainda mais desfavoráveis. Os dispositivos de captação de ventos não apresentam efeito em face das aberturas serem mínimas para configurarem a pressão negativa necessária para direcionar o fluxo do vento.

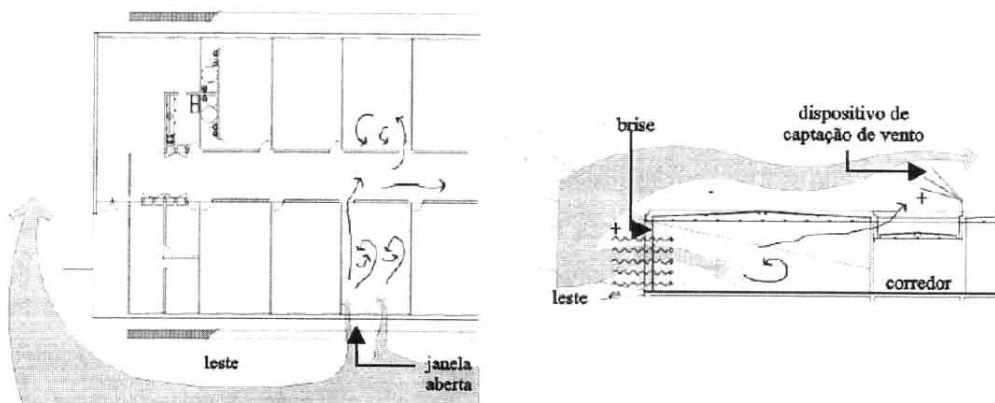


Fig. 3 - Planta e Corte transversal das salas de aula do Pavilhão Anísio Teixeira com indicação das salas em análise e esquema dos fluxos de vento e radiação incidente



4. 3 Faculdade de Educação, edifício FE

– 1: este edifício tem todas as salas de aula voltadas para oeste; na face leste, estão as salas de professores. Na parte central, além de outros ambientes, está a chamada Sala Papiros que foi analisada, além da sala de aula BT- 42 (ver fig.4).

Sala BT 42 - Vedações da sala: a face oeste, envidraçada, contém brises externos verticais, fixos, fechando um corredor de circulação formado pela marquise que avança. A esquadria tem aberturas do tipo máximo-ar na parte superior e na parte inferior. Não há aberturas ao nível da ocupação, mas há visibilidade do exterior e sombreamento causado pela marquise, brises e vegetação externa. Na face oposta, há a porta e painéis duplos de madeira compõem o fechamento desta e das demais paredes.

Análise ambiental: além dos ocupantes e dos vidros, responsáveis pelos maiores ganhos de calor, há a contribuição significativa da cobertura constituída por telhas metálicas e forro interno de gesso. No mês mais frio, há um pequeno desconforto por frio até as 9,00 horas da manhã e desconforto por calor depois das 16,00 horas. No mês mais quente, o desconforto por calor começa a partir das 12,00 horas e as temperaturas atingem mais de 36°C por volta das 17,00 horas. Os valores de transmitância da cobertura são superiores aos recomendados e os de atraso, inferiores. As divisórias internas apresentam

pouca inércia térmica. Os brises fixos verticais não são os recomendados para esta orientação porém são imprescindíveis para impedir a radiação solar direta na sala. As condições térmicas são bastante desfavoráveis pois os ganhos de calor não são neutralizados pela ventilação deficiente. O fluxo só atinge parte da ocupação no alinhamento da porta, se aberta. A visão agradável do exterior, apesar dos ocupantes ficarem de costas para ela, é o aspecto mais favorável da sala.

Sala Papiros - Vedações da sala: esta sala, interna, tem duas paredes paralelas de alvenaria de tijolos e as outras duas, em vidro, sendo, uma delas, voltada para o jardim interno coberto por um pergolado de vigas de concreto. Esta face de vidro tem portas que se abrem para o jardim, porém este, também vedado por vidros nas demais faces, não se abre para o corredor interno. Há apenas pequenas aberturas em máximo-ar na parte mais superior dos panos de vidro. Os corredores internos são bem ventilados e se os panos de vidros dos jardins se abrissem poderia haver penetração das brisas na sala. O jardim, agradável à visão, ocasiona um efeito (estufa) desfavorável pelo aquecimento que provoca e por não permitir a ventilação das salas contíguas.

Análise ambiental: os resultados mostram condições de desconforto por calor mesmo no mês mais frio, a partir das 9,30 horas. No mês

mais quente as condições são ainda piores e o desconforto por calor começa a partir das 8,30 horas. Os ganhos são obtidos pela ocupação, vidros e cobertura. As temperaturas ambientais se apresentam ao longo do dia com incrementos da ordem de sete graus em relação às temperaturas

externas. A sala, ocupada normalmente por 60 ou mais alunos, tem condições muito desfavoráveis causadas principalmente pela falta de isolamento ou de inércia térmica da cobertura, e pela falta de ventilação. Foi instalado sistema de ar condicionado nesta sala.

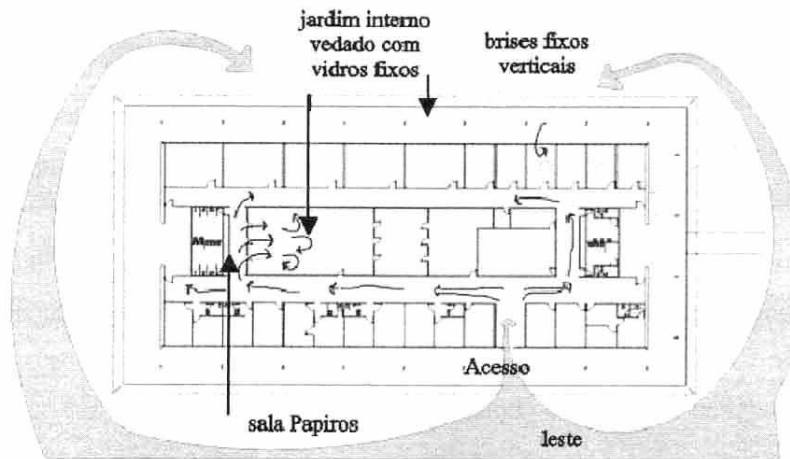


Fig. 4 – Planta da FE 1 com indicação das salas em destaque e fluxos de vento

CONCLUSÕES FINAIS

As condições climáticas de Brasília são bastante favoráveis. Na maior parte do tempo, as condições bioclimáticas adaptadas de Givoni que consta do Projeto 02: 135.07-003 da ABNT (1999); também em Goulart (1997) Brasília se classifica como a de clima mais agradável entre as quatorze capitais estudadas. A poluição do ar em algumas áreas é significativa pelo elevado número de veículos em circulação, porém no *campus* este não é o problema, além do que há boas condições de dispersão de poluentes, se fosse o caso. A área ocupada pelo *campus* também é privilegiada em termos de dimensões, localização, paisagem,

variáveis climáticas se encontram na faixa de conforto, como pode ser visto na carta de ventilação, enfim, não se encontram nas características do sítio condições que poderiam ter efeitos negativos em suas condições naturais. Não se pode dizer que a área do *campus* ou as suas características morfológicas restringem ou determinam uma forma da ocupação. Tampouco a consolidação da ocupação do *campus*, com sua diversidade de formas e orientações das edificações, pode ser considerada como indutora de ocupações com determinadas características comprometedoras da sua qualidade ambiental,



como foi encontrado nos espaços estudados. Neste estudo preliminar encontram-se dados indicativos de que as necessidades termo-ambientais de salas de aula, não se encontram satisfeitas. Nem a função intrínseca da arquitetura como resposta às necessidades humanas de abrigo, tem sido respondida adequadamente. Neste sentido, o desconforto verificado nos espaços construídos pode ser atribuído, em grande parte, às definições dos projetos arquitetônicos. Pode-se, portanto concluir que a recorrência de equívocos dos projetos das salas de aula acontecem em função de respostas da arquitetura não adequadas para proporcionar ambientes tão agradáveis quanto são as características ambientais naturais de Brasília. O estudo indica também que, em grande parte, isto se deve ao equacionamento equivocado das condições de ventilação e da radiação solar

direta, na medida, tanto das cargas térmicas, quanto da iluminação natural. Em relação à ventilação, os problemas podem ser atribuídos mais claramente às especificações das aberturas e/ou fechamento (posição, dimensões, materiais, forma, etc). Em relação à insolação, porém, os problemas podem ser mais localizados nas definições de orientação (predominantemente eixos norte/sul com fachadas leste e oeste). As fachadas sul, em Brasília, mereceriam mais atenção pelas suas qualidades ambientais, especialmente para salas de aula. O que se pode, talvez, concluir também, é que as “pequenas ou grandes monumentalidades” de edifícios significativos do *campus* nem sempre têm respostas adequadas às suas necessidades funcionais e ambientais e, estes aspectos não devem ser repetidos.