

# O PAPEL DA GEOMETRIA NO ESTUDO DO CONFORTO AMBIENTAL



Léa Cristina Lucas de Souza<sup>1</sup>

SOUZA, L. C. L.; O Papel da Geometria no Estudo do Conforto Ambiental. Revista Educação Gráfica, Bauru, v.3, n.3, p.105-111, 1999.

## ABSTRACT

Highlighting some design phases in which geometry is the main instrument for environmental analysis, this paper shows its importance for studying Environmental Comfort in Architecture. Three fields of Architecture are then considered: thermal comfort, lighting comfort and acoustical comfort. Some examples of geometry application are pointed out here, for both buildings and urban areas. Although this is a very important instrument for design, the number of professionals that use geometry to solve formal questions in Architecture is not proportional to its importance.

## RESUMO

Destacando algumas fases de projeto para a qual a geometria é o instrumento principal na análise de ambientes, este trabalho discute a sua importância no estudo do Conforto Ambiental para o Arquiteto. São consideradas três áreas de atuação do arquiteto: o conforto térmico, o conforto lumínico e o conforto acústico.

---

<sup>1</sup> Prof<sup>ª</sup>. do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista

Exemplos de aplicação da geometria são apontados, tanto para edificações como para áreas urbanas. Apesar da importância deste instrumento, ainda são poucos os profissionais que fazem uso da geometria para solucionar as questões formais em Arquitetura.

**Keywords:** environmental comfort, geometry, graphical estimation

**Palavras-chave:** conforto ambiental, geometria, estimativa gráfica

## INTRODUÇÃO

A geometria acompanha a Arquitetura em vários momentos e linhas de atuação. Para a área do conforto ambiental (térmico, lumínico e acústico) não é diferente, esta relação é indispensável e exige, muitas vezes, um conhecimento um pouco mais aprofundado de aspectos geométricos do ambiente. Contraditoriamente, os profissionais em Arquitetura, não só pelo conteúdo de disciplinas da graduação, como também pela demanda de tempo requerida para a aplicação de alguns desses instrumentos, tendem a evitar a sua utilização.

Numa época em que as questões ambientais são prioritárias para que se alcance um desenvolvimento sustentável, este tipo de atitude compromete o estudo do conforto ambiental e sua aplicação na Construção Civil.

Numa tentativa de explicitar a relação destes elementos geométricos e ambientais e valorizar a geometria como uma ferramenta primordial para o ensino do Conforto Ambiental, este trabalho destaca algumas etapas e instrumentos gráficos necessários para garantir o conforto térmico, lumínico e acústico de projetos arquitetônicos e urbanísticos.

## Aplicação no Conforto Térmico

A área de Conforto Térmico estuda a relação entre o homem e o ambiente construído, considerando a condição térmica do meio como uma das variáveis mais importantes para a determinação de questões formais de projeto arquitetônico. Assim, estas questões térmicas podem englobar desde a orientação de edifícios ao sol, ao vento e características climáticas de uma forma geral, como a carga térmica recebida e a eficiência energética do ambiente construído.

## Diagramas Solares

Segundo BITTENCOURT (1990), diagramas ou cartas solares são representações gráficas do percurso do sol na abóbada celeste.

Representando diferentes horários do dia e períodos do ano, nas cartas solares a posição do sol pode ser fixada, permitindo uma avaliação do período de insolação a que está sujeito o local, tanto em ambiente urbano, como em edificações.

Normalmente as cartas solares são uma representação do percurso solar sobre um plano horizontal. A projeção estereográfica (Figura 1a) é freqüentemente adotada para este fim.

No processo de elaboração da carta solar (Figura 1b) é possível gerar uma ferramenta complementar, chamada de transferidor auxiliar (Figura 2).

Juntos, a carta solar e o transferidor auxiliar informam o azimute (ângulo formado pela projeção horizontal da direção dos raios solares com o Norte geográfico) e a altura solar (ângulo formado entre o sol e o plano horizontal do observador).

Dentre suas diversas aplicações, as cartas solares permitem a avaliação de

insolação sobre fachadas, para que se possa verificar a adequação de ambientes mais apropriados para aquele período de insolação (Figura 3), otimizando o próprio desempenho das atividades nele desenvolvidas. Para interpretação da Figura 3, deve-se considerar que os percursos visíveis na superposição do projeto com a carta solar correspondem aos períodos de incidência solar na fachada estudada.

Assim é possível evitar que ambientes de grande permanência fiquem orientados sobre fachadas que recebam intensa insolação. Esta simples preocupação geométrica no projeto reduz a carga térmica transmitida para o ambiente interno e o consumo de energia, diminuindo a necessidade do uso de equipamentos elétricos para se alcançar o conforto térmico humano.

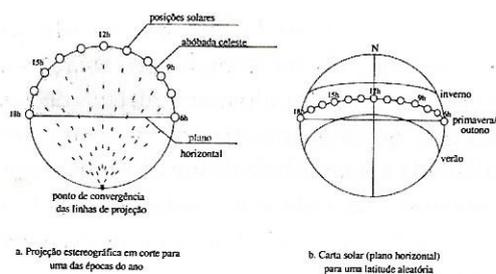


Figura 1 - Projeção estereográfica

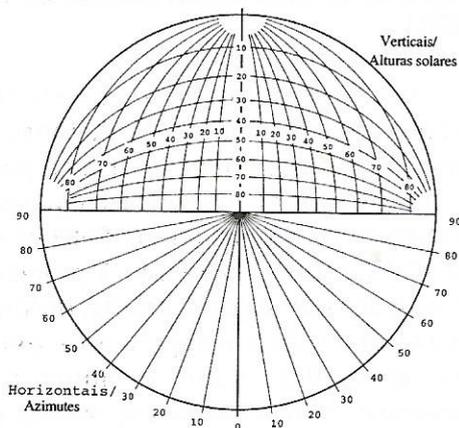


Figura 2 - Medidor de ângulos ou Transferidor auxiliar

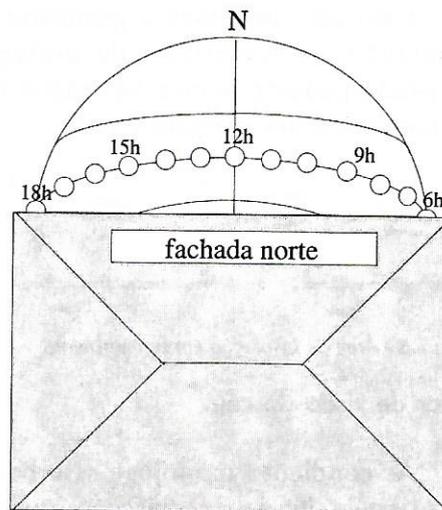


Figura 3 - Estudo de Insolação em uma fachada orientada para norte

Também através da carta solar e do transferidor auxiliar, a área de insolação dentro de um ambiente pode ser estimada para um dado horário (Figura 4), através da determinação do azimute e da altura solar.

Desta forma o projeto pode permitir o aproveitamento adequado do Sol, possibilitando que no verão a penetração solar seja minimizada, enquanto no inverno pode haver maior área de insolação no ambiente.

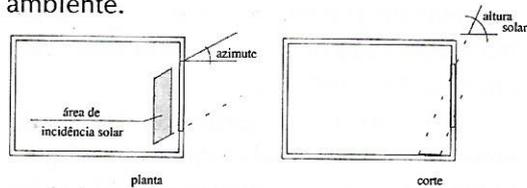


Figura 4 - Área de insolação em um ambiente

Deste estudo resulta ainda o projeto de protetores solares. O protetor solar é uma das utilizações mais importantes da carta solar na arquitetura, permitindo que fachadas sujeitas a grandes insolações sejam protegidas com protetores solares para horários específicos (Figura 5). Além disso, é também possível prever a eficiência de um protetor já existente e simular o sombreamento por ele promovido.

Uma vez respeitada a geometria da insolação, as superfícies de proteção projetadas podem promover fachadas acima de tudo eficientes energeticamente.

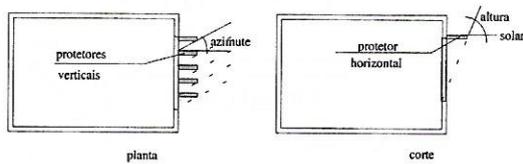


Figura 5 - Área de insolação em um ambiente

### Fator de visão do céu

As condições morfológicas urbanas geradas pelo sítio e suas edificações, quando observadas a partir de um ponto sobre a superfície terrestre, causam obstruções à visão do céu. Preocupados com a relação entre estas obstruções e a troca de calor das superfícies urbanas com a abóbada celeste, BÄRRING, MATTSSON & LINDQVIST, 1985; JOHNSON & WATSON, 1984/1987; OKE, 1981; STEYN, 1980 expressam esta situação morfológica pelo Fator de Visão do Céu (Fator de Configuração ou Fator Angular). Trata-se de uma estimativa da área de céu visível, gerada a partir da projeção estereográfica do entorno urbano (um estudo mais detalhado do assunto pode ser obtido em SOUZA, 1997).

A projeção estereográfica do ambiente urbano aliada à carta solar (Figura 6) permite avaliar o impacto de edificações sobre construções vizinhas, possibilitando a identificação de horários em que uma construção exerce influência sobre a insolação no ponto de observação.

Estudos mais específicos, como SOUZA (1996), mostram a relação entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar alcançada no entorno urbano. É, portanto, um instrumento geométrico que exerce um papel primordial para a avaliação térmica urbana.

Estes instrumentos podem ser geradores de diversas outras pesquisas ligadas à Arquitetura e Urbanismo, sobretudo se considerado o potencial da informática aplicada a este fim.

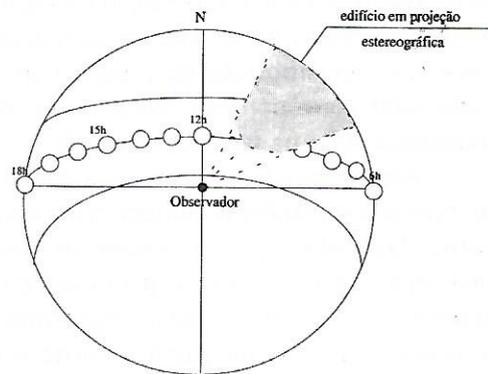


Figura 6 - Projeção Estereográfica de uma edificação x Carta Solar

### Aplicação no Conforto Lumínico

O Conforto Lumínico estuda as necessidades do ser humano em relação a luz proporcionada pelo meio. Através destes estudos geométrico-lumínicos pode ser calculada a quantidade de luz disponível nos ambientes, seja ela a luz natural do Sol, a luz proveniente da abóbada celeste ou a luz artificial.

### Diagramas de Contribuição Relativa de Luz (DCRL)

Atualmente está sendo proposto um método de determinação de iluminação natural em ambientes internos, para normatização na ABNT, que sugerem o uso de Diagramas de Contribuição Relativa de Luz (DCRL). Estes referem-se à projeção estereográfica da abóbada celeste, dividida em 244 zonas, de forma que a estas zonas são atribuídos valores numéricos representativos da contribuição relativa de iluminação no plano horizontal, em função da altitude solar.

A quantidade de luz disponível proporcionada pela abóbada celeste pode ser avaliada para que seja aproveitada e, assim, janelas possam ser projetadas adequadamente. A superposição de um DCRL com a projeção estereográfica do ambiente interno permite avaliar a quantidade de luz natural disponível para a iluminação (Figura 7). Na Figura 7 a parte visível da abóbada celeste delimitada pela janela do ambiente é representada pelos seus valores correspondentes no DCRL, servindo de base para cálculo da quantidade de luz natural que penetra no ambiente.

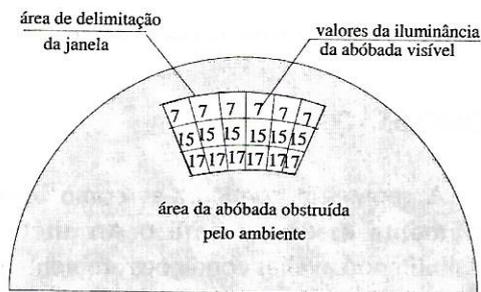


Figura 7 - Superposição de um DCRL e uma projeção estereográfica de um ambiente interno

### Diagrama de Pleijel

Outro diagrama também conhecido no estudo do conforto lumínico é o Diagrama de Pleijel (apud Hopkinson, 1975). Pleijel associa à projeção estereográfica da distribuição de luz natural do céu em um plano horizontal com uma subdivisão de 1004 partes, representadas por pontos.

A superposição destes gráficos, para cálculo da área de céu visível, permite a contagem do número de pontos contidos na região referente à área de céu visível, encontrada entre as sombras das edificações. O número resultante é relacionado ao total de 1004 e, assim, estimada a porcentagem de céu visível (Figura 8).

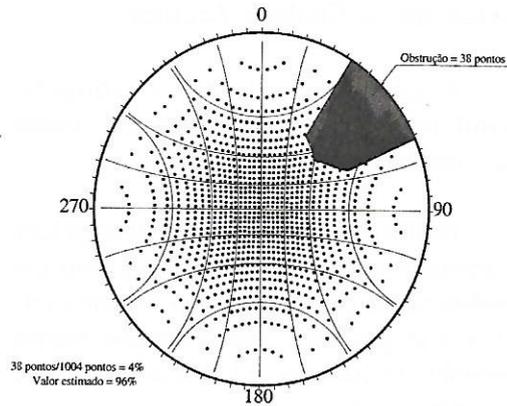


Figura 8 - Estimativa para área de céu visível.

### Outras aplicações

Aplicações mais simples da geometria no conforto lumínico também são encontradas. Regido por leis da ótica geométrica, o projeto de luminárias, por exemplo, depende em grande parte do estudo dos raios refletidos pela superfície da luminária (Figura 9). Assim através do direcionamento e proporção adequada da luz, os ambientes podem ser hierarquizados, de modo a que a volumetria de ambientes seja valorizada, além de dar proporções de luz e sombra e modelar formas de uma maneira geral.

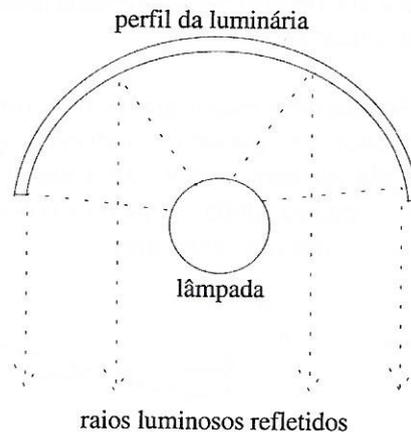


Figura 9 - Reflexão de uma luminária

## Aplicação no Conforto Acústico

A adequação de níveis sonoros, distribuição do som e diminuição de ruídos são objetivos do Conforto Acústico.

Nestas considerações acústicas o som é constantemente considerado como um fenômeno de comportamento similar ao da luz e que, portanto, requer conhecimentos geométricos para que a forma arquitetônica seja adequada.

Na acústica arquitetônica a geometria assume um papel primordial, sendo objeto de estudo de uma área específica, chamada de Acústica Geométrica.

A Acústica Geométrica trata do estudo das formas dos ambientes de modo que o som é considerado um raio sonoro, cujo ângulo de incidência deve ser igual ao ângulo de reflexão. Assim são estudadas conchas acústicas (Figura 10) e auditórios (figura 11), por exemplo.

O princípio é mais simples do que a abstração necessária para a compreensão de projeções estereográficas, porém não significa que nesta etapa a geometria assumam menor importância.

Através deste estudo gráfico da acústica é que pode ser garantida a distribuição adequada de sons e evitados problemas como o eco, ou ainda, a queda excessiva de nível sonoro nos ambientes.

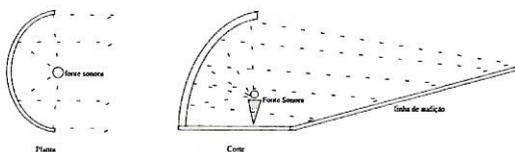


Figura 10 - Estudo Gráfico de uma Concha Acústica

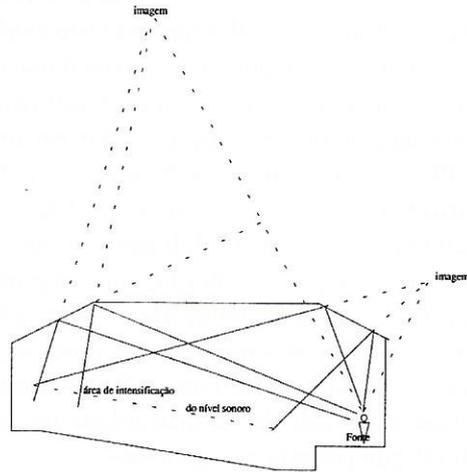


Figura 11 - Reflexões em um Auditório Fechado

## CONCLUSÃO

A geometria configura-se como uma ferramenta essencial para o Arquiteto, possibilitando avaliar condições ambientais indispensáveis ao projeto arquitetônico. Ressalta-se, no entanto, que a geometria não é um instrumento isolado, que defina projetos pela sua aplicação única, mas sim uma ferramenta que deve ser integrada a outras técnicas ambientais e conhecimentos científicos específicos. Não se pode, entretanto, deixar de dominá-la, uma vez que seu papel é fundamental para a qualidade dos espaços arquitetônicos criados.

A maior dificuldade encontrada para a aplicação de alguns dos instrumentos aqui expostos é, de certa forma, a abstração necessária para o domínio da projeção estereográfica. De grande utilidade, a projeção estereográfica não é de fácil domínio por arquitetos, deixando de ser abordada, muitas vezes, em cursos de graduação. Por esta razão, as ferramentas ambientais que são resultantes diretas da projeção estereográfica tornam-se objetos pouco utilizados por profissionais da área da Construção Civil.

Por outro lado, não se pode deixar de reconhecer que, diante da complexidade das situações reais urbanas, o número de passos necessários para uma simulação do ambiente através da projeção estereográfica torna-se um obstáculo, que exige uma grande demanda de tempo para ser vencido. Todavia, com o potencial computacional existente nos dias de hoje, este problema tende a se extinguir.

Por último cabe ainda ressaltar que, mesmo com programas computacionais desenvolvidos para este fim, a necessidade do Arquiteto dominar a projeção estereográfica é essencial, para que ele possa exercer o papel de usuário de maneira apropriada, sem erros conceituais que possam distorcer os resultados encontrados.

#### Referências Bibliográficas

BÄRRING, L.; MATTSSON, J.O.; LINDQVIST, S. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. *Journal of Climatology*, (5):433-444, 1985.

BITTENCOURT, L. *Uso das cartas solares - diretrizes para arquitetos*. Maceió, EDUFAL, 1990.

HOPKINSON, R.G. *Iluminação natural*. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 1975.

JOHNSON, G.T; WATSON, I.D. The determination of view-factors in urban canyons. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, (23):329-335, 1984.

OKE, T.R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(1-4):237-254, 1981.

SOUZA, L.C.L. *Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre*. São Paulo, 1996. 125p. Tese (Doutorado) - Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. A geometria urbana como instrumento para o estudo do clima urbano. *Revista Educação Gráfica*. 2(2), 21-31, 1997.

STEYN, D.G. The calculation of view factors from fisheye-lens photographs. *Atmosphere-Ocean*, 18(3):254-258, 1980.

WATSON, I.D.; JOHNSON, G.T. Graphical estimation of sky view-factors in urban environments. *Journal of Climatology*, (7):193-197, 1987. (Short Communication)

