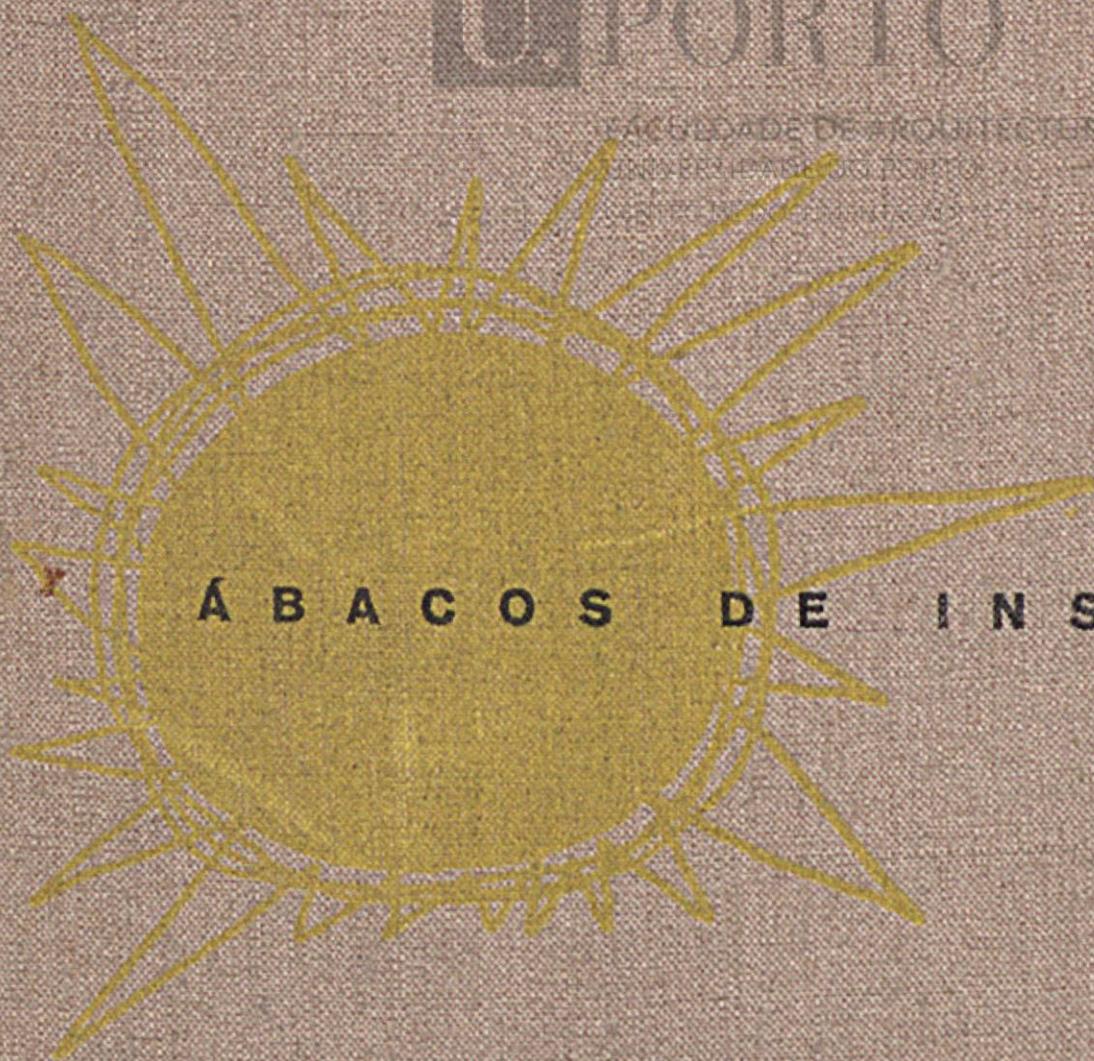


I N S O L A Ç Ã O
a r q u i t e c t u r a e u r b a n i s m o

U. PORTO

FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
4200-302 PORTO



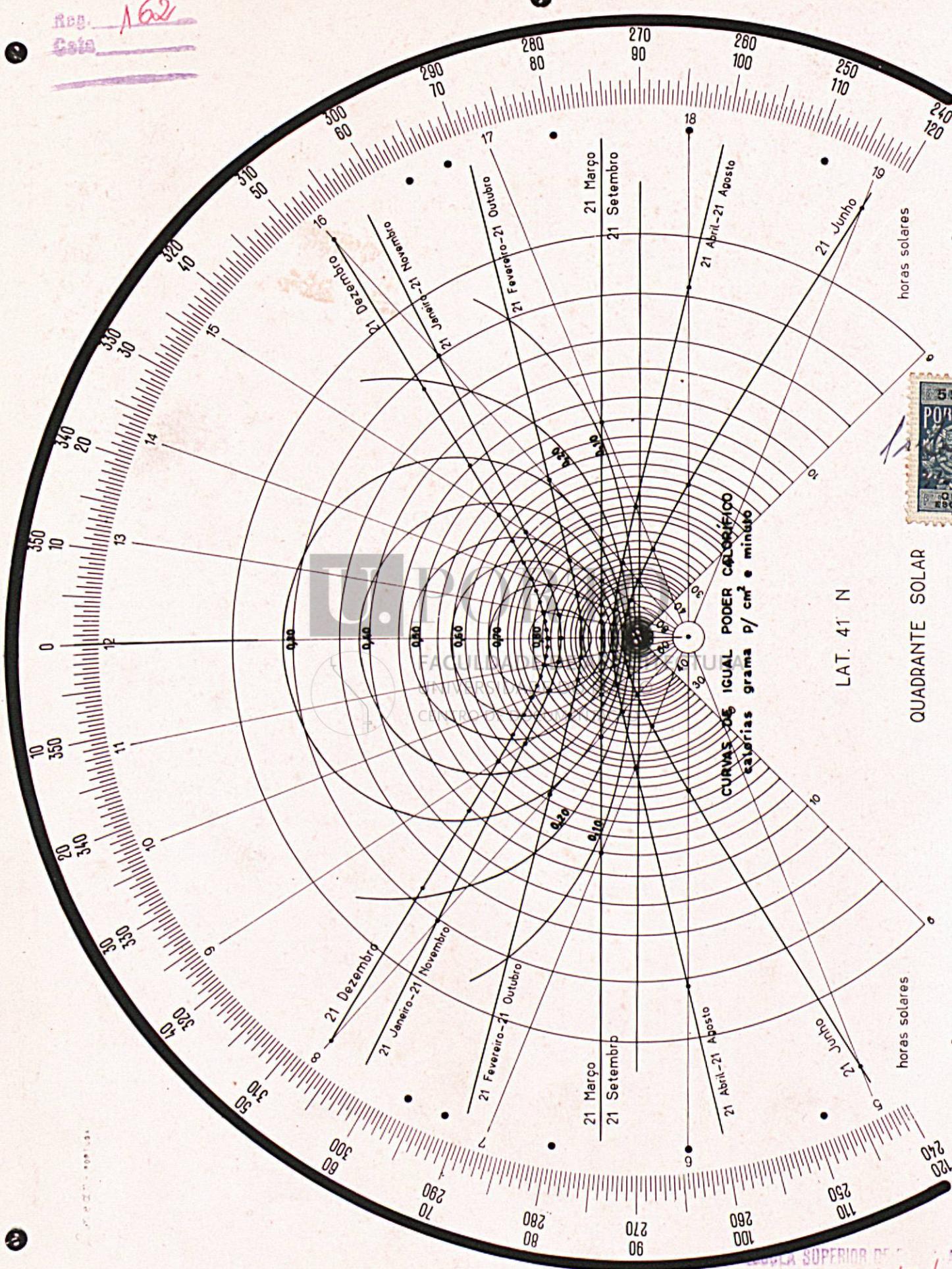
Á B A C O S D E I N S O L A Ç Ã O

L U I Z D . P A D U A R A M O S

80

Reg. 162
Cota

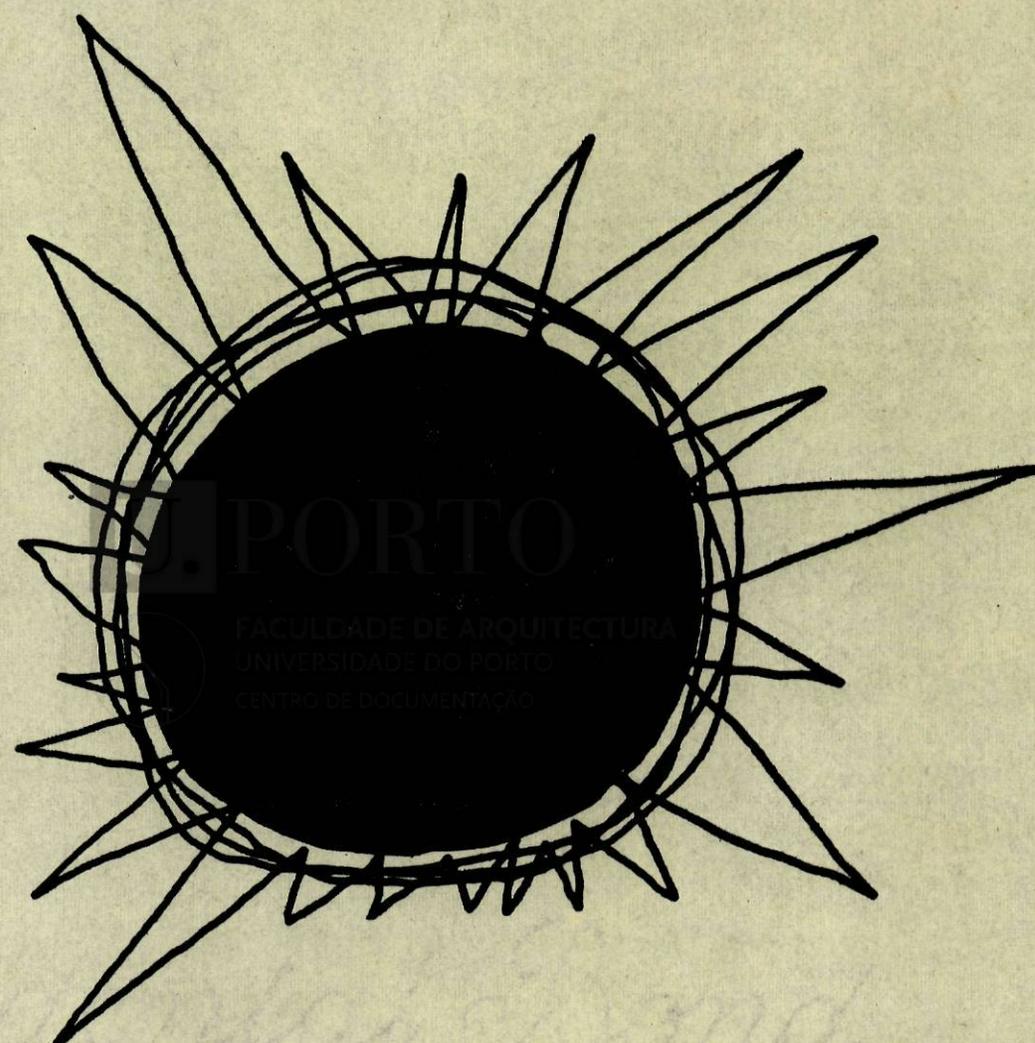
Foto Teófilo Rego



LAT. 41° N

QUADRANTE SOLAR

ESCOLA SUPERIOR DE ARTES DO PORTO
Entrada em 12/5/87



Handwritten text in pencil, mostly illegible.



I N S O L A Ç Ã O
a r q u i t e c t u r a e u r b a n i s m o

Caldemal Bond

1975



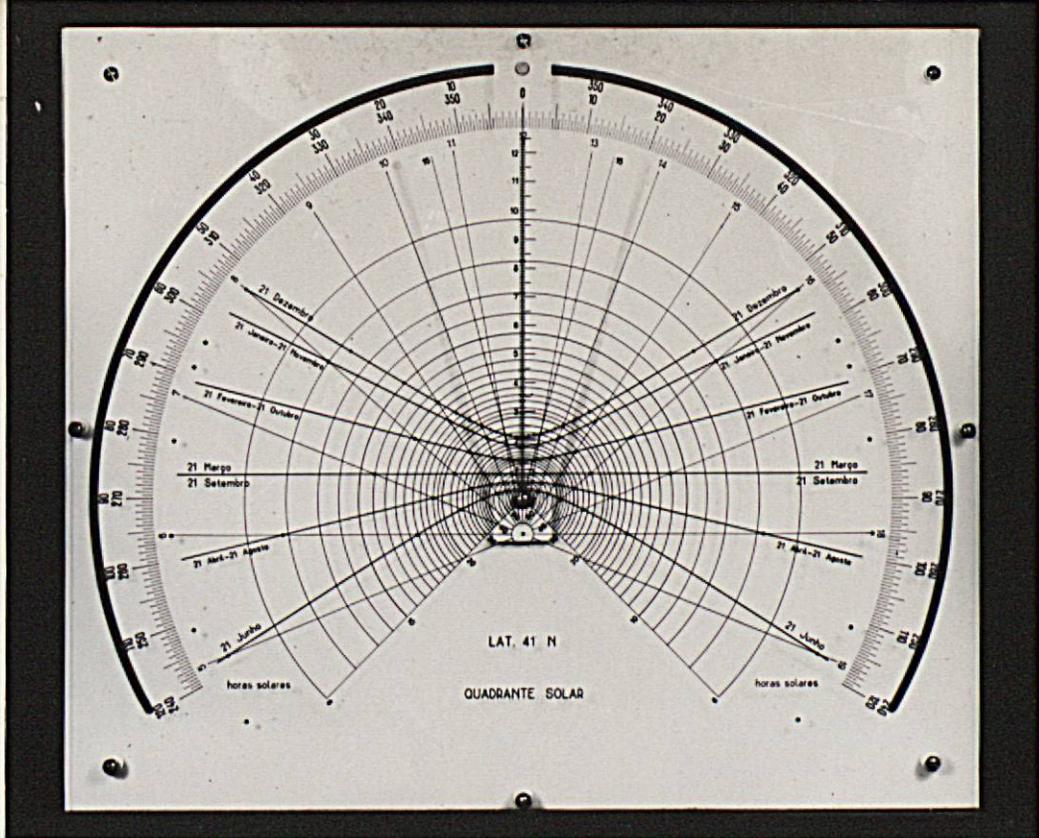
U. PORTO



FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO

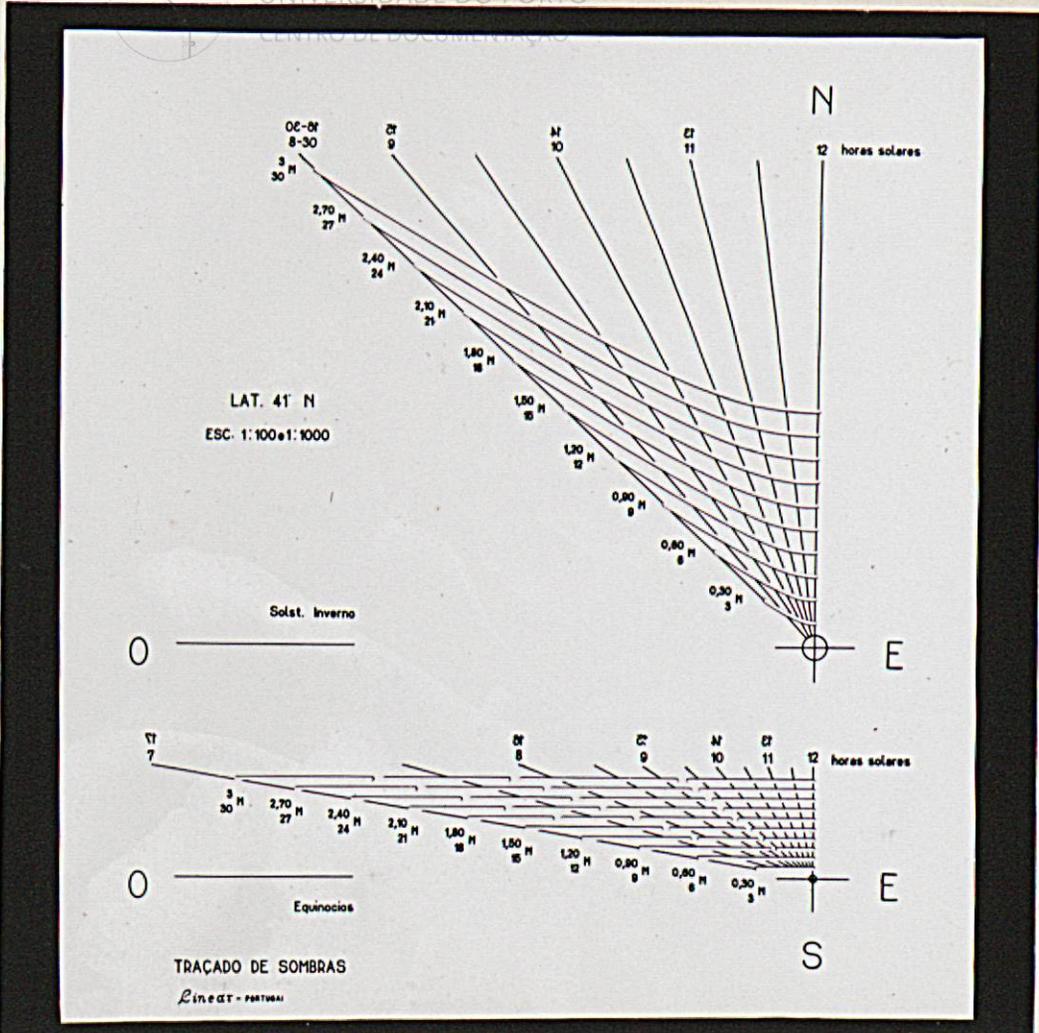


Á B A C O S D E I N S O L A Ç Ã O

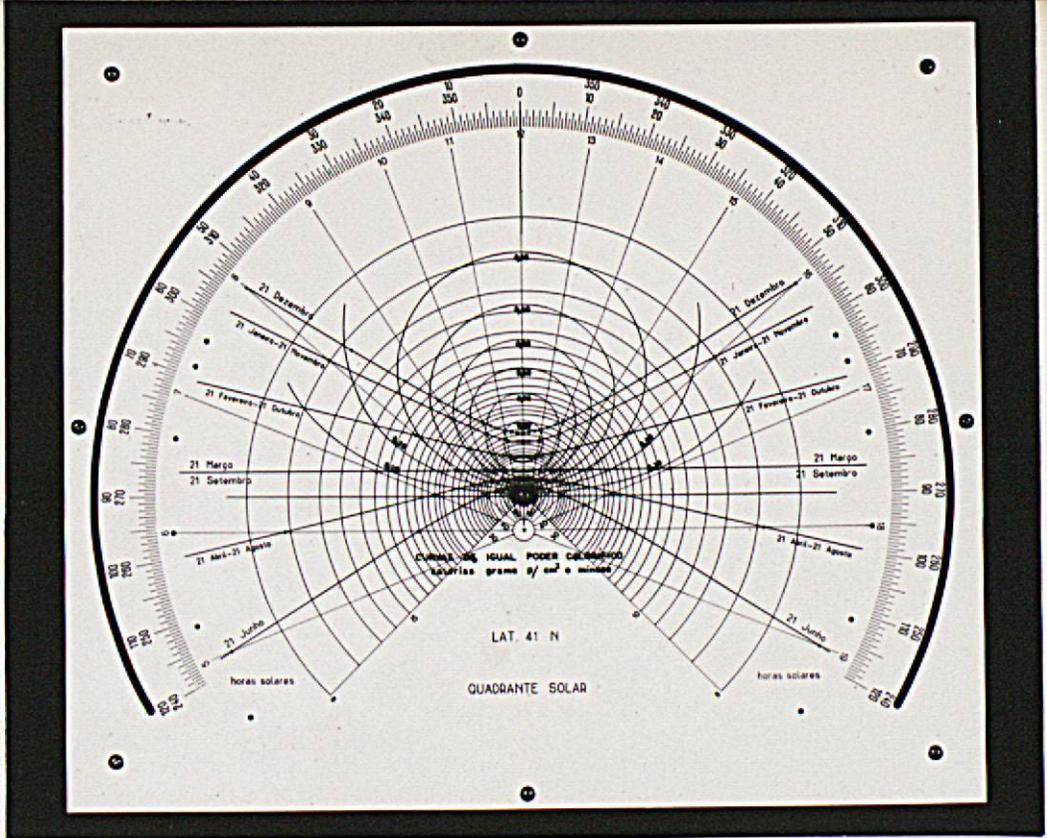


QUADRANTE SOLAR

TRAÇADO DE SOMBRAS



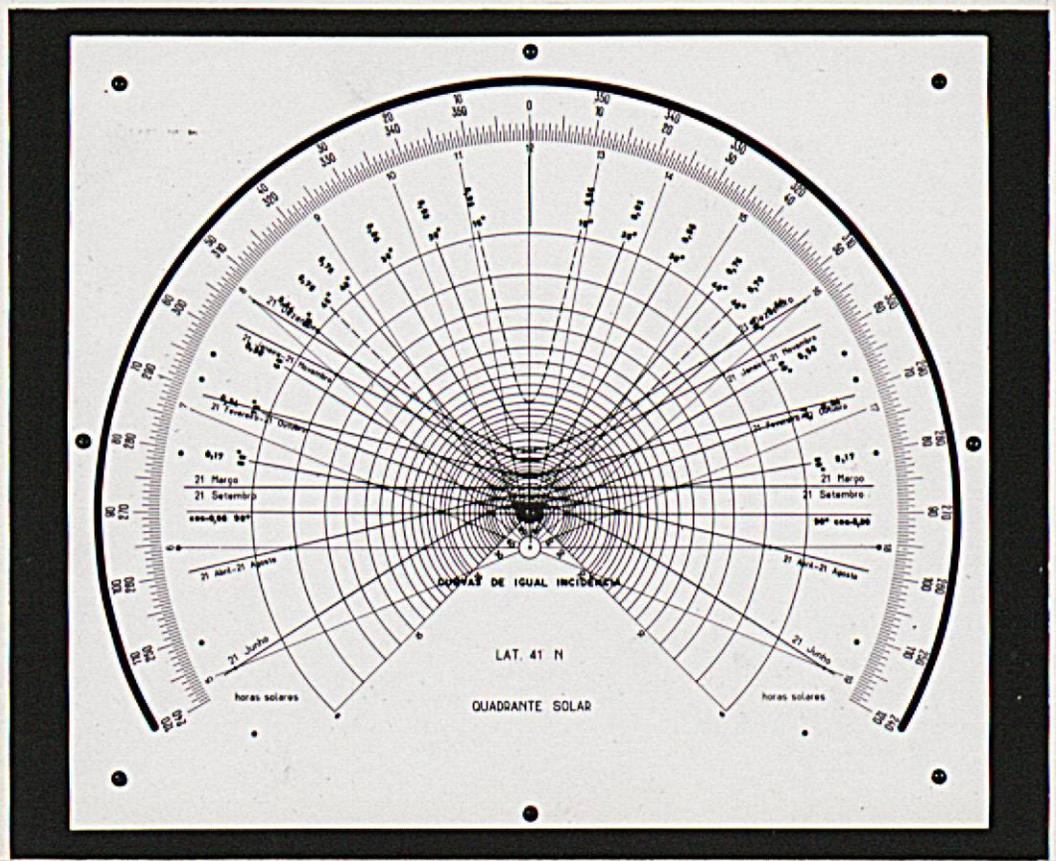
TRAÇADO DE SOMBRAS
Linear - PORTUGAL



PORTO

aplicação
 QUADRANTE SOLAR

FÁCULDADE DE ARQUITECTURA
 UNIVERSIDADE DO PORTO
 CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO



a acção extraordinária do SOL sobre a vida do homem
torna-se cada vez mais evidente à medida que melhor
conhecemos as suas propriedades biológicas e micro-
bidas.

U. PORTO



FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO



L. Pa... amo

é em parte ao URBANISTA e ao ARQUITECTO que
compete o seu aproveitamento como um dos meios
de valorização das sociedades.

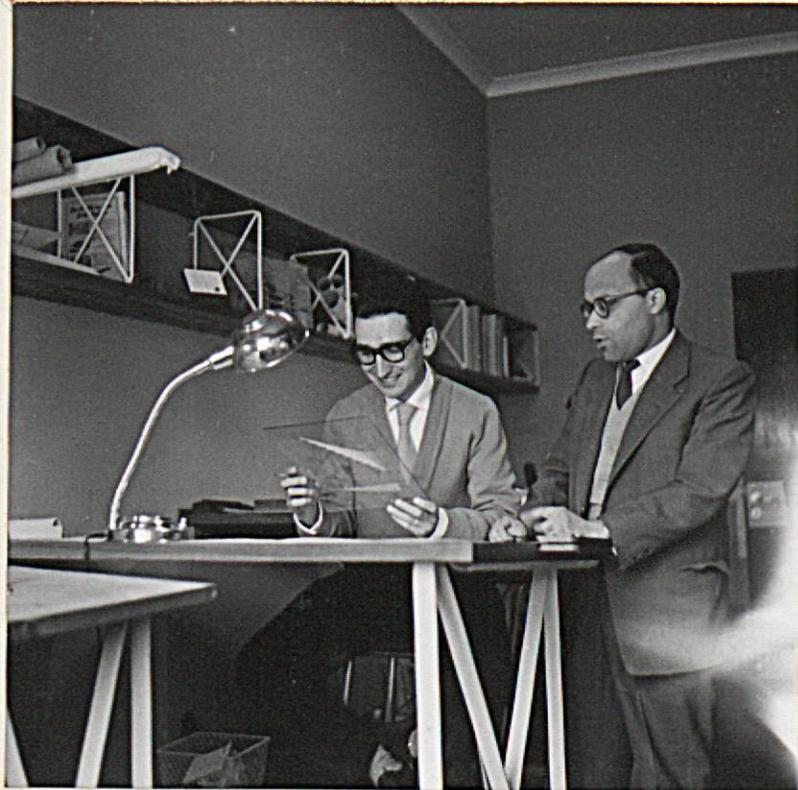
aplicação

QUADRANTE SOLAR



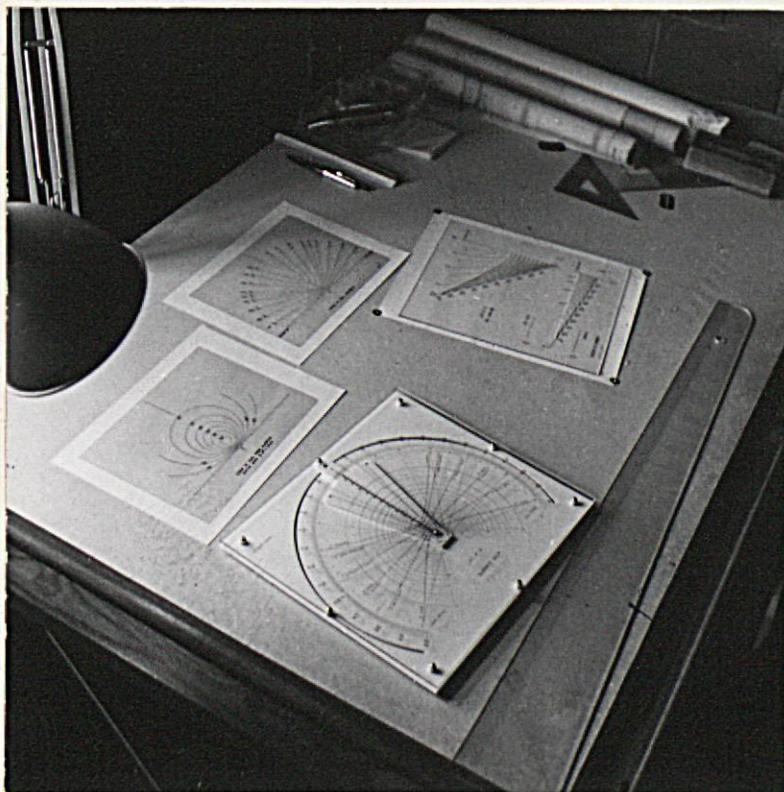
II PORTO

FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO



LUIZ D. PÁDUA RAMOS

TRAÇADO DE SOMBRAS



ábacos



U. PORTO

FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO



LUIZ D. PÁDUA RAMOS

aplicação

TRAÇADO DE SOMBRAS

O importantíssimo poder microbicida e biológico das radiações solares põe em evidência a natureza complexa do problema da insolação.

Entre os conhecimentos necessários a uma boa realização dos nossos aglomerados, a insolação ocupa sem dúvida um capítulo preponderante, impondo-se o seu conhecimento em qualidade, duração e intensidade.

*Eng. Rivas de Silva
pg. 1*

A acção extraordinária do SOL sobre a vida do homem torna-se cada vez mais evidente à medida que melhor conhecemos as propriedades das suas múltiplas radiações. Desde que reina um espírito de progresso, desde que a variedade e a surpresa

parecem inseparáveis de toda a obra ainda hoje muitas construções inadequadas se fazem e, por tal motivo, o técnico consciencioso deve rodear-se de certos conhecimentos imprescindíveis à concepção de edificações próprias. (O aproveitamento

dos raios solares no tratamento de várias doenças e factores de outra natureza, relacionados com a higiene das habitações,

*Eng. Rivas de Silva
Pag. A*



L. P. ...

obrigam a encarar com cuidados especiais o problema das construções urbanas.

*Eng. Ramos
de Almeida
pg. 3*

Muitas das vezes não se atende, convenientemente, nos vários projectos, aos diferentes problemas de insolação pela complexidade na determinação dos elementos necessários à sua execução.

A maioria dos técnicos supõem que a sua responsabilidade termina quando colocam, nos seus estudos, as principais peças dos programas, tanto quanto possível a sul. Ficam depois surpreendidos ao verificarem, mais tarde, que, no inverno, época do SOL mais desejado, nenhum raio solar nelas penetra por uma má implantação dos edifícios vizinhos que sobre elas projectam sombra, ou que, no verão, esses mesmos raios excessivamente quentes, obrigam ao recurso de estores para evitar a sua penetração no interior. Outros técnicos há que julgam a orientação N-S como o melhor alinhamento para as suas construções, mas, por vezes, um pequeno desvio deste alinhamento com a li-



L. F. Ramos

nha meridiana, pode produzir uma perda inesperada de SOL, no inverno, biologicamente importante, ou, usando sistematicamente o mesmo ângulo para perfil transversal de rua, entre nós muito vulgarizado para 45 graus (largura da rua igual à altura das construções), pode igualmente conduzir a implantações nada indicadas numa "política de habitação" que propomos seguir e cuja principal base é a vida salutar do homem. — Eng.º Rosário da Silva Pg 2

É antigo o dito popular de que casa onde não entra SOL entra muitas vezes o médico/e, entre nós, portugueses, estes estudos encontram-se ainda num estado embrionário com graves prejuízos, por serem um dos factores a considerar, numa tentativa sempre crescente para uma solução satisfatória do nosso problema habitacional. Creio que, até hoje, apenas engenheiros têm estudado estes problemas mas com um sentido pouco cómodo para nós-arquitectos, dominados pela sua alta preparação matemática, que, de modo algum, podem satisfazer os desejos duma mentalidade prática como a nossa. Parte da minha vida

onde está a
mentalidade
prática
de um
aluno



L.P. da Silva

escolar dediquei a estes problemas, vendo o que de bom se tem feito entre nós e em países que caminham na vanguarda de tal matéria; o vasto trabalho já realizado, neste sentido, pelos australianos, canadianos, franceses e suecos, cada um destes povos com as suas necessidades próprias pelas posições geográficas que ocupam, tem-me servido de estímulo e fonte de aprendizagem. Uma latitude como a nossa impõe uma responsabilidade enorme em todos os architectos e urbanistas portugueses, pois obriga-os a uma procura de SOL nos principais meses do inverno e à protecção nos restantes, tornando ainda mais difícil este problema.

Se este meu pequeno trabalho pudesse contribuir, por pouco que fôsse, para uma solução ordenada e conscienciosa destes problemas na valorização da vida do homem e salubridade dos nossos futuros aglomerados, seria a maior recompensa de todo este esforço.

Ao realizar estes pequenos ábacos de insolação que acom



L.P. *Ram*

9

panham o trabalho, não fiz mais que concretizar o que, desde há muito, vinha pensando com o propósito de se tornarem fáceis as soluções e despertar entre nós o gosto do seu uso pela sua simplicidade.

Assim como hoje, pela força do hábito, na presença de um trabalho a uma determinada escala, temos a noção quasi exacta da medida dos elementos que o constituem sem recorrer ao uso da régua, bastando olhar para eles, podemos também, com a aplicação destes pequenos calculadores do SOL, chegar a um estado em que teremos uma noção de escala em matéria de insolação, relativa ao nosso horizonte e às diferentes orientações, que muito útil será pela facilidade com que, então, passaremos a tratar estes estudos, e estou certo que alguma coisa de utilidade passará a existir entre nós.

3 - Eis a grande vantagem deste trabalho: dar à nossa vista à educação própria para que seja sempre salvaguardada, à mistura com outros problemas fundamentais, um mínimo de inso-



lação indispensável ao homem.

A aplicação destes ábacos faz-se sem ser necessário recorrer aos conhecimentos que estão na base da sua elaboração, contudo, antes de os descrever e exemplificar, procurarei fazer uma explicação sumária de toda a mecânica celeste a que eles andam ligados. Limitar-me-ei a lembrar noções que toda a gente conhece.

A Terra gira sobre ela mesma em 24 horas, donde resulta a aparente viagem quotidiana do SOL e de todas as estrelas. Ela gira também em volta do SOL em doze meses. Não daríamos conta disso se o seu eixo de rotação (a linha dos polos) fôsse perpendicular ao plano do seu curso anual (sua órbita).

Só os observadores do céu nocturno poderiam precisar a lenta mudança das estrelas no curso dum ano, e não haveria nem inverno nem verão (ver folha 1).

As estações seriam pois indefinidas, mas, na verdade,



não é assim: a linha dos polos está inclinada sensivelmente
 23° - 27' sobre o plano da eclíptica (círculo máximo da esfera
 celeste que intercepta o Equador em dois pontos, os equinócios)
 e fica paralela a ela mesma durante o seu curso anual (ver fo
 lha 2). Disto resulta que, uma vez por ano, o polo norte se
 inclina para o SOL 23° - 27'; seis meses mais tarde, a um pon-
 to oposto da órbita, é ao polo sul que sucede o mesmo, tendo,
 antes, o SOL, passado pelo Equador onde as durações dos dias
 e das noites são iguais. Ao tomarmos como ponto de referência
 o dia 21 de Março (equinócio da Primavera), altura em que o
 SOL toca o Equador, observamos que a duração do dia vai aumen-
 tando até atingir o seu máximo em 21 de Junho (solstício de
 Verão); começa então a diminuir, voltando novamente a ser igual
 à noite em 21 de Setembro (equinócio do Outono) e atinge o
 valor mínimo em 21 de Dezembro (solstício de Inverno). É nes-
 te aparente balanceamento anual que reside todo o segredo das
 estações.



*Realmente nunca vi
uma expressão de
ideias*

É necessário compreender bem como esta mecânica celeste muito simples, mas que nos parece sempre muito confusa, se apresenta ao habitante da Terra.

A 21 de Junho o SOL circula direito ao trópico de Câncer, $23^{\circ} - 27'$ Lat. N., (ver folha 3). Neste dia, ao meio dia, ele passa no zénite, (ponto da esfera celeste que, relativo a cada lugar, se encontra pela vertical levantada desse lugar), para todos os pontos da Terra cuja latitude coincida com a do trópico de Câncer, estando, neste caso, por exemplo, o egípcio de Assuan, o qual, neste momento, pode conservar-se inteiramente na sombra do seu chapéu. Neste mesmo dia é inverno para o hemisfério sul onde os dias são curtos e o SOL baixo no horizonte.

Nos equinócios o SOL circula exactamente no Equador e as noites são iguais aos dias em todos os pontos da Terra.

3!!

A 21 de Dezembro (solstício de Inverno) a situação é a imagem, mas inversa em tudo, da de 22 de Junho (solstí-



qual trajecto aparente?

cio de Verão).

Vejamos também o trajecto aparente do SOL sobre a abóbada celeste para um habitante da zona temperada, o nosso caso por exemplo, numa Lat. 41 N. Voltemo-nos para sul e o SOL da manhã surgirá acima do plano do horizonte do lado oriental, em seguida descreverá no firmamento uma curva, elevando-se cada vez mais até atingir o meridiano do lugar e desce depois até se esconder no horizonte do lado ocidental. A posição do

Eug. Romão da Silva

X

SOL pode ser localizada, a cada instante, se tomarmos como círculos de referência o nosso horizonte (horizonte do lugar de Lat. 41 N.) e o meridiano do lugar, pelo ângulo que faz o plano vertical do SOL (plano que passa pelo SOL e pelo lugar) com o plano do meridiano (plano fixo que contém a linha das 12 horas) medido no círculo horizontal, e pelo arco do círculo vertical do SOL compreendido entre este e o círculo horizontal (horizonte do lugar).

Eug. Romão da Silva Pg. 3

?!?

Ao ângulo mencionado dá-se o nome de azimute ou ângulo

?

Determinação do que o Eug. Romão da Silva diz a pg. 3



L. P. am

azimutal, e ao ângulo correspondente ao arco altura do SOL ou ângulo vertical.

O azimute tem o valor zero quando o SOL passa no nosso meridiano e conta-se a partir de zero para nascente e para poente. Nos equinócios o azimute é igual a 90° e, a partir daí, o seu valor começa a aumentar até atingir o seu máximo no solstício de Verão, diminui em seguida para ter o seu mínimo no solstício de Inverno depois de passar novamente pelo valor 90° .

O SOL percorre todos os dias do ano sobre a abóbada celeste trajectos paralelos cujo conjunto desenha um anel duas vezes $23^\circ - 27'$ de largura, entre o trópico de Câncer e o de Capricórnio, do qual ele nunca sai. É condição fundamental, para qualquer estudo de insolação, a determinação, para cada caso, das coordenadas do SOL a todas as horas nos vários meses do ano e nos seus principais dias.

Por um exame atento das figuras das folhas 3, 4 e 5 verifica-se que estas coordenadas variam logo que varie o plano

Querer o plano referir e do azimute do Sol

Fig. 3



L.P. Ramo

do horizonte, função da sua latitude, constituindo um grave er
 ro generalizar os valores das coordenadas dum dado lugar para
 outro qualquer de latitude diferente. A título de curiosidade
 digo que, para dois lugares, entre os quais se observe uma di
 ferença de latitude da ordem dos 7° , os valores obtidos para *que valores?*
 o lugar de latitude mais baixa são aproximadamente o dobro dos
 valores correspondentes ao outro lugar.

As coordenadas solares dum dado lugar são pois função da
 posição que o plano do equador toma com o plano do horizonte
 do lugar, ou melhor, função do ângulo que o plano do horizon
 te faz com o eixo da Terra, sendo este ângulo igual ao arco do
 meridiano do lugar compreendido entre o equador e o paralelo
 do lugar, valor da latitude pela sua própria definição.

Fácil é assim determinar em projecção ortogonal, as *projecção*
 posições que o SOL ocupa no seu movimento anual aparente em *anale?*
 relação a qualquer lugar, conhecida a sua latitude.

Reside aqui, na possibilidade deste cálculo, à base de |

Leite do lugar



?!!
 geometria descritiva, a vantagem do arquitecto em confronto com o complexo cálculo matemático que não se adapta, de modo algum, à nossa preparação.

Os gráficos das folhas 6 a 12 mostram como é possível saber-se as várias posições do SOL nas diferentes horas dos principais dias do ano para uma latitude de 41° N., onde encontramos, entre várias, a cidade do Porto com os seus específicos problemas de insolação.

?!!
 Considera-se insolação a quantidade de radiações solares recebida pela superfície da Terra. A inclinação dos raios solares sobre o horizonte influi no valor da insolação. *E que mais influi?*

?!!
 A análise da influência dos elementos meteorológicos sobre a radiação solar que chega ao solo leva-nos à conclusão de que não pode ser encarada só, e é divisível em radiação directa, radiação difundida pela atmosfera, e radiação directa e difundida reflectida.

?!!
 Atendendo à sua composição podemos classificá-la em



raios ultra-violetas com uma acção bactericida e anti-raquíti-
ca; raios visíveis produtores da iluminação natural com efei-
tos psicológicos, e raios infra-vermelhos, de grande comprimen-
to de onda, característicos pelos seus efeitos caloríficos.
A principal preocupação dos técnicos será pois considerar os
dispositivos necessários a uma defesa contra o calor solar,
aproveitando ao mesmo tempo a radiação útil com a sua ilumina-
ção natural.

FACULDADE DE ARQUITECTURA

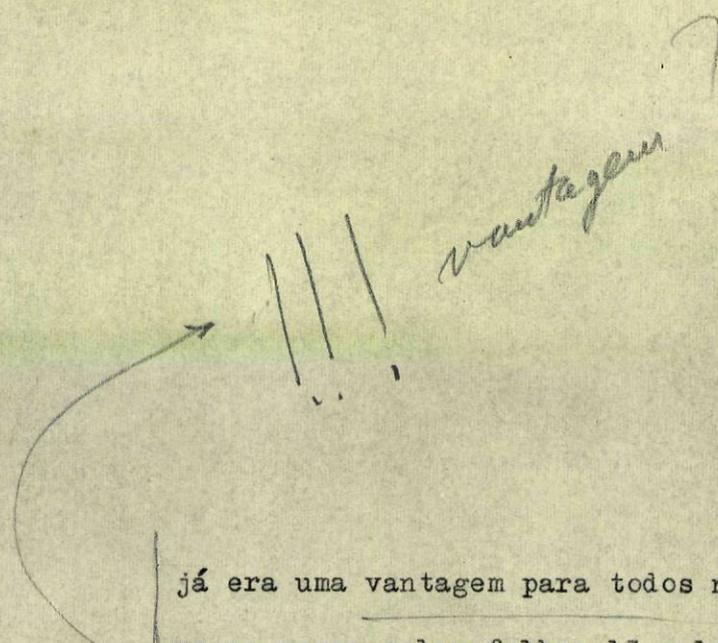
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO

Estando absolutamente convicto da necessidade de encarar
este magno problema e fomentar o seu valor intrínseco entre os
responsáveis pelo aparecimento de novas construções e novos
aglomerados, elaborei estes pequenos ábacos de modo a familia-
rizarem-se com os técnicos pela sua simplicidade e seu interes-
se na solução destes problemas.

O facto de se poder chegar aos gráficos apresentados nas
folhas 6 a 12, resumo dos ângulos solares com o nosso horizonte,

*Atenção
este
português*




 já era uma vantagem para todos nós, mas a sua aplicação, como se prova pelas folhas 13 e 14, é massadora pela série quasi interminável de rectas, ângulos e pontos a desenhar sempre que se realize qualquer estudo. Eu próprio, entusiasta, raras vezes procedia a qualquer estudo pela morosidade de tal aplicação. Servindo-me, contudo, destes ângulos elaborei dois gráficos, indicados nas folhas 15 e 28, relacionados, respectivamente, com as escalas 1/100 (QUADRANTE SOLAR) e 1/1.000 (TRAÇADO DE SOMBRAS), que estão na base de todo este trabalho.

mas diz como

Passados a plástico, para que a transparência facilite as suas múltiplas aplicações, estou certo poderão ser úteis a todos os interessados e, para estes, o meu entusiasmo não terá limites sempre que me procurem, pois muito há a fazer neste sentido, o campo de trabalho não tem fim e só numa colaboração eficaz estará a possibilidade de se chegar a bom termo em qualquer estudo.

entusiasmo



L. P. Ramos

Italieno Spataro

23° 27'
90°
66° 33'

*servir
os
colegas
com o
seu estudo*

Ao deixar esta escola e deixar nela um exemplar de cada um destes pequenos calculadores de SOL é meu desejo excitar, entre os meus colegas, o gosto por estes assuntos ou quaisquer outros, que, do mesmo modo, possam vir a contribuir para uma solução prática dos vários problemas a resolver.

*Que é que
o aluno
pretende
dizer com isto ?*

Explicação da construção dos abacos do caducário do Sol

QUADRANTE SOLAR - é constituído por um plano horizontal sobre o qual figuram as indicações lineares, relativas à hora local, dos ângulos do SOL, sombras projectadas e nascer e pôr do SOL nas diferentes épocas do ano, relacionadas com uma haste vertical de 1 cm. e com a Lat. 41° N., aproximadamente a que ocupa a cidade do Porto (41° - 8' - 13"). Considerando fixa esta haste, os raios solares, passando pelo seu ponto extremo no movimento aparente e diurno do SOL, produzem cones circulares cujas intercepções com o plano horizontal (horizonte do lugar) determinam secções cónicas, com rectas tangentes em dois pontos no infinito relacionadas com a hora do nascer



L.P. ...

*para concluir-se que
as curvas não são hipérbolas mas tangentes em
certos pontos a três pontos do infinito.*

e pôr do SOL, as quais resultam, para a nossa latitude, hipérboles.

Estas hipérboles (linhas de sombra) figuram no QUADRANTE SOLAR nos dias 21 de cada mês. As intercepções das linhas horárias, marcadas a verde, com as hipérboles, marcadas a preto, dão-nos os pontos de sombra que se verificam nas diferentes horas. Os círculos marcados no plano horizontal de grau a grau (6° a 20°), de dois em dois graus (20° a 40°) e de cinco em cinco graus (40° a 80°) permitem-nos saber qual a altura do SOL, e o transferidor envolvente o valor do azimute respectivo. Uma peça giratória, sobre a qual se traçou uma escala milimétrica e um ângulo de 15° para cada lado dum linha tomada como referência, dá-nos, respectivamente, o comprimento da sombra e a duração do ângulo de perda de janelas, verificada em função da posição da fachada com a linha meridiana (linha horária das 12 horas).

O SOL ao banhar a fachada dum dada construção pode fa-



zer com ela um ângulo dentro do qual, pela sua pequena incidência, não exerce qualquer benefício. Mesmo que teóricamente a insolação comece num dos lados da construção, e que os raios solares incidam sobre a parede exterior, formando com ela um pequeno ângulo, não se pode falar em insolação útil pois as radiações solares podem ser obstruídas na passagem através das janelas e não penetrarão no seu interior.

Parece, então, que, quanto mais larga fôsse a abertura da janela e mais fina a espessura da parede, menor seria o ângulo durante o qual o SOL não penetraria, resultando daí alguma vantagem, mas prova-se, que, para uma camada de vidro normal com 4 m/m. de espessura e vãos normais de janelas, todas as principais características das radiações solares só deixarão de ser absorvidas depois destas fazerem, com o plano das fachadas, um ângulo superior a 15° . A este valor corresponde um ângulo de perda de janelas que, no nosso caso, equivale, sensivelmente, a uma hora - o que é apreciável.

*aplicação do
ângulo de perda*



→ Como marcar a
posição do paralelo de altura
altura

A folha 15 mostra-nos como isto se passa em representação gráfica.

A marcação dos círculos horizontais, que permitem obter o valor da altura do SOL, começa com o círculo correspondente a 6° por se considerar que os raios solares, só a partir deste valor, acima do horizonte, começam a ter um efeito biológico e microbicida (destruidor de germes) valioso para todos nós, mas, ultrapassando os 50° , são escaldantes e considerados indesejáveis.

PORTO
FACULDADE DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDADE DO PORTO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO

Há, pois, que considerar os efeitos duma insolação eficaz (6° a 50°) e duma insolação indesejável. A folha 16 indica os vários meses abrangidos por uma e outra, vendo-se claramente como, entre nós, o problema da insolação tem de ser encarado com cuidado pela particularidade de necessitarmos dela durante metade do ano e repudiá-la na outra metade.

?!!

A folha 17 mostra-nos as operações mais simples que podemos fazer com o QUADRANTE SOLAR.

L.P.  *[signature]*

Para exemplo, determinou-se o valor da altura do SOL no dia 21 de Dezembro às 9 horas, cujo valor (13°) se lê facilmente num dos círculos marcados no plano do horizonte; o valor do azimute às 11 horas do dia 21 de Março igual a 23° , obtido no transferidor anexo; e o valor do comprimento de sombra às 18 horas do dia maior do ano (21 de Junho), produzida por uma haste de 1 cm. de altura. Uma simples operação matemática a partir deste valor pode dar-nos o comprimento da sombra projectada de qualquer construção nesta hora deste dia do ano. Vejamos como proceder: pretende-se, pois, saber qual o valor da sombra projectada pelo cunhal duma dada construção de 6 m. de altura, representado numa planta à escala 1/200, no solstício de Verão às 18 horas, hora local do Porto. Vimos já que 1 cm. produz uma sombra igual a 3,8 cm. a esta hora e sabemos que, à escala 1/200, 1 cm. corresponde a 2 m., e 3,8 cm. a 7,60 m.; logo, se 2 m. produzem 7,60 m., 6 m. produzirão x metros; donde $x = 22,80$ m. A direcção da sombra, valor da altura do

*onde a altura
é a projeção
da sombra
no plano da planta*



SOL e ângulo azimutal determinar-se-iam tal como para os casos acima apontados. Todas estas operações, no ábaco correspondente, são facilitadas por uma peça móvel, onde se encontra registada, além de outros elementos, uma escala milimétrica.

Mencionadas estas pequenas operações três outras bastariam para avaliarmos quanto pode ser útil a existência do QUADRANTE SOLAR. São elas o estudo de insolação numa maqueta e num arruamento, e o estudo da determinação do afastamento mais indicado, entre construções, para que não se prejudiquem mutuamente e possa disso resultar, muitas vezes, uma economia de terreno.

Vejamos o primeiro caso.

Para avaliarmos o comportamento dos raios solares numa maqueta, de uma ou mais construções que se pretendam realizar, a uma dada hora dum dos principais dias do ano, bastará colocarmos sobre o QUADRANTE SOLAR, no devido ponto, uma pequena haste de 1 cm., expô-la à acção directa dos raios solares ou



duma fonte luminosa de raios paralelos ou sensivelmente paralelos, e procurar a posição que nos leve a sombra projectada da haste à hora do dia do ano escolhido. Fixa-se a posição obtida e a direcção da linha meridiana, retira-se o QUADRANTE SOLAR e expõe-se seguidamente a maqueta em estudo à mesma acção dos raios, orientando a linha N-S com a direcção da linha meridiana acima referida. O efeito das sombras produzidas, à escala da maqueta, será o que na realidade se observará à hora e dia indicado. A folha 18 dá-nos um exemplo desta simples e cómoda operação.

Para a demonstração da insolação verificada num arruamento e suas construções laterais servi-me dum projecto que, em dada altura, se pretendeu realizar na Avenida da Ponte, desta cidade, e que, por várias deficiências apontadas, entre as quais a sua diminuta insolação, não se deu realidade.

As folhas 19, 20 e 21 mostram, respectivamente, a posição da Avenida em relação à linha N-S, a duração da insolação



num ponto médio durante os principais meses, e o tempo de insolação útil em dois pontos a alturas diferentes, nas fachadas das construções laterais, nas mesmas épocas do ano. A operação é simples desde que se estabeleça a proporção entre o traçado do QUADRANTE SOLAR e a largura do arruamento em estudo, função da altura das construções laterais. Assim vejamos para este caso.

A altura h (folha 20) cabe uma vez e um quarto na largura da Avenida, se admitirmos que h é igual à altura da haste (1 cm.), esta na base de todo o traçado do QUADRANTE SOLAR, verificamos que, à escala deste ábaco, as construções laterais ocuparão uma posição definida pelas rectas A-B e C-D, separadas 2,5 cm., cujo valor se obtém na substituição de h pelo seu valor. Orientando estas rectas, paralelamente à orientação que o eixo da Avenida ocupa em relação à linha N-S, as suas intercepções com as hipérbolas, correspondentes aos diferentes meses, dão-nos o comêço e o fim da insolação, relaciona



da com a hora local a que se verificam.

Para a exemplificação da insolação útil nas fachadas es colheram-se apenas dois pontos, mas o estudo poder-se-ia fazer em todos e quaisquer pontos das fachadas. São eles correspondentes ao rez-do-chão e a uma altura h (folha 21); seguindo o mesmo raciocínio, foram marcadas as rectas $A-B$, A_1-B_1 — $C-D$ e C_1-D_1 , relacionadas com as alturas escolhidas e com o ângulo de perda de janelas, 15° para cada lado do eixo da Avenida (recta $N-O$), ângulo em que o SOL, rasante às fachadas, não penetra no interior através das janelas. As intercepções, agora verificadas, dão-nos o valor da insolação útil.

Vejamos assim o que se passa para o rez-do-chão no menor dia do ano e em toda a Avenida neste mesmo dia.

A insolação útil começa, na fachada voltada a nascente, às 9 h 50' para terminar, sensivelmente, às 10 h 40', altura em que o SOL não tem poder de penetração, donde podemos concluir a deficiência de insolação útil para todo o rez-do-chão,



pois não chega a ter uma hora no menor dia do ano, considerada um mínimo admissível entre nós. O começo da insolação da Avenida verifica-se neste mesmo dia, sensivelmente, às 10 h 40' para terminar às 13 h 30'.

No cálculo do afastamento mais indicado entre construções para um dado alinhamento, em defesa dum período desejado de insolação, o QUADRANTE SOLAR dá-nos novas possibilidades, simplificando a tarefa. Mesmo que escolhessemos, para a nossa latitude, o ângulo mais favorável entre edifícios, o que se poderia obter por análise das leituras, feitas no QUADRANTE SOLAR e registadas em gráficos sucessivos, nos diferentes períodos de insolação recebida pelas várias fachadas, em desvios sucessivos de 5° sobre os pontos cardeais, o problema não estaria solucionado, porque a rigidez resultante do emprego sistemático deste ângulo e a perda de terreno em muitos dos casos, deveriam preocupar os técnicos mais conscienciosos.



Estabelecer antes para cada caso um afastamento próprio, em função da altura das construções e do ângulo que as suas fachadas fazem com a linha N-S é o caminho mais lógico e quasi sempre mais económico. Saber donde partir em matéria de insolação na implantação de construções, num dado plano, é importantíssimo, outros factores virão depois, e de todas as condicionantes, não esquecendo nunca um mínimo de insolação necessária, resultará certamente um benefício para o trabalho em estudo.

Serve de exemplo, neste caso, a implantação segundo o eixo heliotérmico, verificada na zona já edificada do plano de Ramalde.

Estabelecendo a mesma relação entre a altura das construções e o seu afastamento, transportada para a escala do QUADRANTE SOLAR, verificamos que, para um afastamento igual a 2 vezes a altura das construções, segundo este eixo, a fachada voltada a nascente recebe 2 h de insolação útil e 1 h a

*gostaria de saber o
que o aluno entende
pelo eixo heliotérmico*



L. P. ... Rauer

fachada exposta a poente no dia menor do ano. Salvaguardou-se, assim, para este dia, na fachada em piores condições, uma insolação útil considerada mínima, o que, quanto a mim, foi prudente e constituirá sem dúvida um bem sempre apreciado por aqueles que dela puderem beneficiar. As folhas 22 e 23 mostram, respectivamente, o caminho seguido e o plano de Ramalde sobre o qual se observa a verificação feita, com o auxílio do TRAÇADO DE SOMBRAS, marcando a zona banhada pelas sombras projectadas das construções sobre uma das mais prejudicadas.

Descontando a sombra correspondente ao tempo em que se verifica o ângulo de perda de janelas (entre as 12 h e as 14 h), a conclusão confirma a veracidade dos valores achados a partir do QUADRANTE SOLAR.

Bastariam estes três exemplos apontados (folhas 18, 19, 20, 21, 22 e 23) para se reconhecer utilidade na existência do QUADRANTE SOLAR, mas outras tantas operações podem ainda



*por raios directos ?
por raios indirectos ?*

realizar-se, e outras virão que ainda se desconhecem, continuando sempre com persistência no estudo destes problemas.

~~x x x x x x x x x x x x x x x x~~

As quantidades de calor recebidas por uma fachada e a incidência que o SOL faz com o plano duma fachada podem também ser calculadas. Facilita-nos este estudo a existência de dois outros traçados, um obtido segundo a intercepção do plano do horizonte com a superfície cônica gerada pelos raios solares que formam com uma normal à fachada o mesmo ângulo, e o outro obtido pela mesma intercepção, mas considerando, neste caso, o poder calorífico dos raios solares na incidência com o plano da mesma fachada.

*onde é que o
aluno o pô
buscar?*

Um

Um raio solar, quanto mais se aproximar da normal num ponto duma dada fachada, diminuindo assim o valor do seu cosseno, maior poder de penetração terá e maior aquecimento produzirá sobre essa fachada.

Estes dois traçados, indicados nas folhas 24 e 25, juntamente com o QUADRANTE SOLAR, permitem um estudo desta natu-



reza para uma fachada qualquer, bastando saber apenas qual o ângulo feito por esta com a linha meridiana. As folhas 26 e 27 mostram-nos, como exemplo, o que se passa, quanto à incidência e quantidades de calor em calorias grama por cm² e por minuto, sobre um ponto de uma fachada voltada a nascente-sul que faz 45° com a linha N-S. As intercepções dão, nas diferentes horas dos principais dias do ano, os seus respectivos valores. Vejamos nestas condições o que se passa no menor dia do ano (solstício de Inverno) para esse ponto da fachada insolada às 9 h: O SOL terá uma incidência cerca de 15° e produzirá 0,60 calorias grama por cm² e por minuto. O aquecimento total numa superfície, na fracção de tempo equivalente a um minuto, será o produto da sua área, expressa em cm², pelo valor obtido num cm².

TRAÇADO DE SOMBRAS:- A folha 28 mostra-nos o desenho que se encontra na base deste ábaco com várias aplicações,



sendo das mais importantes a possibilidade de se obterem facilmente as sombras projectadas a qualquer hora do solstício de Inverno e dos equinócios num plano de urbanização à escala de 1/1.000, cujas alturas estejam compreendidas entre 1 piso e 10 pisos.

As linhas convergentes indicam o valor do azimute às diferentes horas e os ramos de hipérbolos as trajectórias seguidas pelas sombras relativas às alturas dos diferentes pisos.

A folha 29 indica, por exemplo, o caminho seguido na determinação da sombra projectada dum construção de 6 pisos (18 m.) no solstício de Inverno às 10 h. O TRAÇADO DE SOMBRAS, transportado ao plástico, tem a particularidade de se substituírem os ramos de hipérbolos por rasgos, com a espessura normal do bico dum lápis, que simplificam a operação, bastando para tal marcar com pontos as sombras dos respectivos cunhais da construção, ligando-os, em seguida, para



se obter a sombra desejada e a respectiva direcção em relação à linha meridiana. O TRAÇADO DE SOMBRAS orienta-se, no caso de sombras projectadas, com o seu norte sempre voltado para o norte geográfico do trabalho em estudo.

As folhas 30 e 31 esclarecem como é possível, por raciocnio, obter toda a zona banhada pelas sombras projectadas duma dada construção seja qual fôr a sua orientação. Esta operação deve ser feita, sempre que possível, em todos os planos para que tenhamos a noção da relação entre os espaços atingidos pelas sombras e os que o não são nunca.

Uma pequena exemplificação (folha 32), referente a uma dada zona do plano para o Campo Alegre, foi feita no período compreendido entre as 9 h e as 15 h dos dias 21 de Março e 21 de Setembro. Um estudo desta ordem poderá produzir sugestões, quanto ao melhor local de implantação, para determinadas peças do plano por necessitarem de SOL ou sombra.

Outra operação curiosa, atendendo a uma correspondência



entre as escalas 1/100 e 1/1.000, é a indicada nas folhas 32 e 33 que permite avaliar e determinar, com certo rigor, o poder de penetração dos raios solares e as zonas insoladas num determinado tempo através duma abertura. Neste caso especial o ramo de hipérbole que à escala 1/1.000 dá a trajectória da sombra dum cunhal de 9 m., à escala 1/100 corresponde à trajectória do SOL rasante à linha do peitoril de 0,90 m. de altura às diferentes horas.

Os exemplos apresentados referem-se ao solstício de Inverno e aos equinócios no tempo compreendido, respectivamente, entre as 9 h - 15 h e 8 h - 16 h.

Verifica-se que, para orientação sul, o SOL penetra intensamente no Inverno por esta abertura e vai diminuindo à medida que se aproxima o período de insolação indesejável, verificada logo após os equinócios, época em que os raios solares, fazendo 49° com o horizonte, quase se aproximam dos 50° , fim do período duma insolação benéfica.



É, pois, possível, utilizando ordenadamente o TRAÇADO DE SOMBRAS em desvios sucessivos de 5° a partir da linha nascente - poente, obter, por conclusões, qual a melhor orientação a dar às diferentes peças do projecto em estudo.

A folha 35 pretende esclarecer como o TRAÇADO DE SOMBRAS é válido para os exemplos seguintes, bastando para isso ter atenção especial à nova posição que passa a ocupar o norte indicado. Os ramos de hipérbole acima mencionados não são mais do que secções resultantes das intercepções do plano do horizonte com os cones solares, referentes a um dado dia e às diferentes horas, resultantes da passagem dos raios solares pelas extremidades dos cunhais nas alturas indicadas. Estes raios, ao passarem por estas extremidades, geram superfícies cónicas e as suas secções com o horizonte, na nossa latitude, são hipérbolas cujas assíntotas (rectas tangentes em dois pontos no infinito) correspondem ao nascer e pôr do SOL. Qualquer construção que penetre em tais superfícies



d. P. ...

não permite a passagem de certos raios solares aos quais faz obstrução, e seccionando-as com planos paralelos ao plano do nosso horizonte, a distâncias equivalentes às alturas das construções, resultarão secções semelhantes às anteriormente obtidas, - basta recordar o comportamento das superfícies cônicas em relação a dois planos paralelos.

Observar apenas que na posição do norte no primeiro caso aparece agora o sul o que é manifesto.

Invertendo assim a posição norte surge o TRAÇADO DE SOMBRAS com novas possibilidades de aplicação.

Podemos agora saber o que se passa, em matéria de insolação, em pontos situados nos diferentes pisos duma construção que, pela sua proximidade com outras, possa oferecer dúvidas.

Vejamos o que nos diz o exemplo da folha 36 para um ponto -P- da construção -C- na presença de -A- e -B-,



SOLAR, deduzir o tempo correspondente ao ângulo de perda de janelas, mas, para os casos em que, pela posição que as construções ocupam em relação à linha meridiana, não há a tomar essa precaução, o TRAÇADO DE SOMBRAS surge eficaz e de aplicação rápida e simples. A folha 38 esclarece como proceder tomando para exemplo a construção -A- de 8 pisos, salvaguardando para um ponto médio da sua fachada sul, no menor dia do ano, uma insolação útil de 2 h (das 10 h 30' até às 12 h 30') ao implantar, na sua proximidade, outra construção de igual altura e isto acontecerá desde que esta não ultrapasse a linha limite indicada à escala do trabalho.

Mostra-se também o exemplo das construções possuírem 4 pisos, mas desta feita tomando 3 h de insolação útil (das 10 h às 13 h).

Mais exemplos, de muitas mais operações a realizar por estes pequenos calculadores, poderiam ser apresentados, mas houve a preocupação de apontar os mais evidentes e o mais



simples para uma melhor aceitação e fácil compreensão destes problemas, que não podem ficar esquecidos, muitas das vezes, por um prejudicial comodismo que hoje não tem justificação ao pôr à disposição de todos este pequeno trabalho.

A finalizar não podia deixar de ter palavras de agradecimento a todos os que comigo colaboraram desde o estímulo que me transmitiram ao material que facilitaram para todo o trabalho de exemplificação.

À Fábrica Material Linear o meu reconhecimento pela maneira franca como fui recebido na elaboração destes ábacos, pois, sem ela, não teria surgido ainda a oportunidade de concretizar todo este estudo.

A todos, e à Escola Superior de Belas Artes do Porto, em nome dos seus Mestres, por facilitarem a vinda deste trabalho a esta Tese, o meu MUITO OBRIGADO.

