

INTRODUÇÃO

É possível contribuir para a diminuição de consumo de energia, vinculando protocolos de avaliação energética com tecnologias de processamento de informação. O Regulamento Técnico de Qualidade para edificações comerciais (RTQ-C) tem por objetivo favorecer o bom desempenho energético. Foi desenvolvido um modelo computacional que, utilizando regras da gramática de formas, ajuda a identificar características desejáveis pelo RTQ-C.

MATERIAL E MÉTODO

O RTQ-C, através de fórmulas, atribui notas para a eficiência energética de edificações comerciais. As fórmulas são separadas por zona bioclimática e área de projeção da edificação (maior ou menor do que 500m²). Para esta pesquisa foi fixada a zona bioclimática 3 (de Porto Alegre) e área de projeção da edificação menor do que 500m². Sete variáveis da fórmula estão ilustradas ao lado com os respectivos nomes e limitações dos valores.

1	Fator Altura: 0,001 - 1	3	Porcentagem de Aberturas na Fachada Total: 0,001 - 1	5	Fator Solar: 0,001 - 1	6	Ângulo Vertical de Sombreamento: 0,001 - 45°
2	Fator Forma: 0,001 - 5	4	Porcentagem de Aberturas na Fachada Oeste: 0,001 - 1	7	Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0,001 - 45°		

O experimento utilizou matrizes de valores de entrada para aplicar o cálculo do RTQ-C combinando todos os números dentro de um conjunto, para que todas as possibilidades fossem averiguadas. Para obter os valores de entrada do experimento utilizou-se o programa Rhinoceros com o plug-in Grasshopper para criar um conjunto de números, dentro de limites estabelecidos, de maneira sequencial (intervalos regulares) e dois de maneira arbitrária.

SEQUENCIAL

Matrizes de valores de entrada

FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
0.112	0.556	0.112	0.112	0.112	5.001	5.001
0.223	1.112	0.223	0.223	0.223	10.001	10.001
0.334	1.667	0.334	0.334	0.334	15.001	15.001
0.445	2.223	0.445	0.445	0.445	20.001	20.001
0.556	2.778	0.556	0.556	0.556	25.000	25.000
0.667	3.334	0.667	0.667	0.667	30.000	30.000
0.778	3.889	0.778	0.778	0.778	35.000	35.000
0.889	4.445	0.889	0.889	0.889	40.000	40.000
1.000	5.000	1.000	1.000	1.000	45.000	45.000

ARBITRÁRIO 1

FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.030	0.628	0.012	0.453	0.087	0.810	14.376
0.039	0.705	0.110	0.487	0.271	0.953	18.574
0.293	0.843	0.167	0.578	0.297	3.087	22.770
0.372	0.869	0.226	0.595	0.357	7.340	23.537
0.446	1.314	0.307	0.720	0.500	10.012	36.120
0.505	2.565	0.405	0.802	0.561	10.593	36.154
0.543	2.614	0.446	0.839	0.638	23.531	39.481
0.611	3.341	0.771	0.861	0.697	24.517	40.564
0.725	3.622	0.802	0.915	0.732	39.038	41.218
0.941	3.806	0.985	0.962	0.810	39.793	43.819

ARBITRÁRIO 2

FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.090	0.088	0.250	0.050	0.109	4.374	0.865
0.129	0.203	0.490	0.164	0.195	4.600	1.624
0.178	1.577	0.498	0.281	0.281	7.736	10.896
0.345	2.234	0.511	0.329	0.310	13.728	17.118
0.356	2.878	0.537	0.393	0.447	16.050	19.411
0.486	3.436	0.906	0.420	0.486	21.214	20.679
0.580	3.486	0.911	0.614	0.556	26.063	22.627
0.588	4.554	0.924	0.653	0.861	31.145	24.010
0.741	4.888	0.982	0.784	0.942	32.879	24.694
0.887	4.896	0.997	0.974	0.945	37.586	41.922

A visualização do resultado da fórmula do RTQ-C foi dificultada pelo número de dados (um bilhão) envolvidos. Para resolver este problema foi desenvolvido o **Método de Empilhamento**¹, no qual as notas resultantes de cada valor de entrada são somadas, formando pilhas – mais altas para os que obtiveram melhores resultados.

Matrizes de Resultados (Empilhamento)

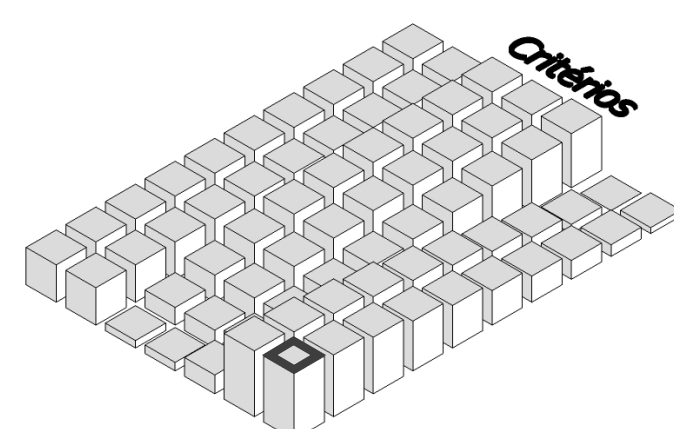
FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.565	0.566	0.756	0.756	0.819	0.000	0.087
0.565	0.565	0.755	0.755	0.768	0.137	0.176
0.565	0.565	0.749	0.749	0.719	0.288	0.284
0.565	0.565	0.731	0.731	0.667	0.422	0.395
0.565	0.565	0.693	0.693	0.607	0.557	0.522
0.565	0.565	0.640	0.623	0.546	0.674	0.644
0.565	0.565	0.542	0.540	0.484	0.777	0.754
0.565	0.565	0.409	0.410	0.412	0.865	0.857
0.565	0.565	0.267	0.269	0.347	0.938	0.935
0.565	0.565	0.112	0.127	0.284	0.996	1.000

FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.483	0.483	0.524	0.675	0.755	0.043	0.000
0.483	0.483	0.524	0.654	0.637	0.051	0.112
0.483	0.483	0.524	0.591	0.620	0.122	0.242
0.483	0.483	0.524	0.580	0.577	0.277	0.267
0.483	0.483	0.524	0.495	0.481	0.368	0.615
0.483	0.483	0.528	0.428	0.442	0.389	0.615
0.483	0.483	0.528	0.398	0.388	0.783	0.704
0.483	0.483	0.461	0.379	0.345	0.806	0.733
0.483	0.483	0.443	0.341	0.322	0.992	0.747
0.483	0.483	0.251	0.289	0.265	1.000	0.797

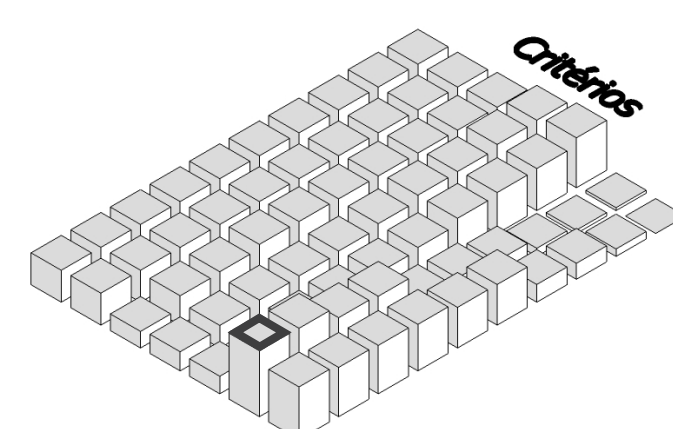
FA	FF	PAFt	PAFo	FS	AVS	AHS
0.402	0.402	0.827	0.505	0.638	0.010	0.002
0.402	0.402	0.713	0.505	0.589	0.016	0.011
0.402	0.402	0.706	0.505	0.546	0.091	0.188
0.402	0.402	0.693	0.499	0.530	0.256	0.346
0.402	0.402	0.682	0.493	0.447	0.323	0.410
0.402	0.402	0.139	0.491	0.421	0.456	0.450
0.402	0.402	0.129	0.399	0.378	0.583	0.503
0.402	0.402	0.111	0.351	0.190	0.705	0.546
0.402	0.402	0.023	0.218	0.143	0.736	0.566
0.402	0.402	0.000	0.057	0.140	0.846	1.000

A partir da análise dos resultados do experimento descrito foi desenvolvida uma gramática de formas.

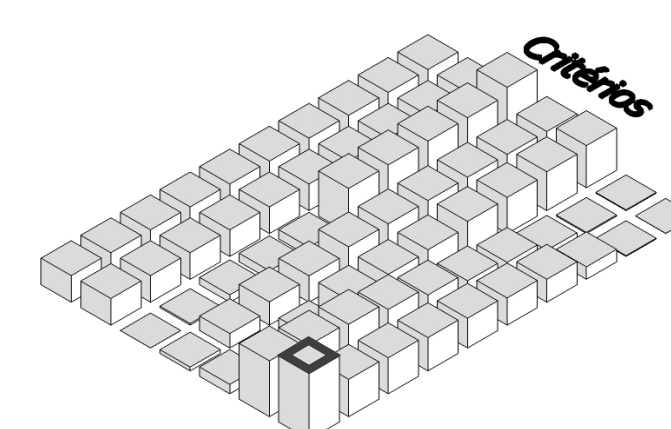
Visualização das Matrizes de Resultados (Empilhamento)



AVS e AHS como critérios mais influentes e com maior variação. PAFt, PAFo e FS tem influência positiva de maneira inversa a AVS e AHS.



Caso em que o PAFt se mostrou menos influente e com resultados próximos da média, e o AVS teve o melhor valor acumulado.



Neste caso os 5 critérios tiveram mais variação do que nos dois anteriores

Em arquitetura, a gramática de formas determina como elementos podem ser relacionados, lançando mão de vocabulário de formas e conjunto de regras. Para a pesquisa, utilizou-se somente os critérios geométricos mais relevantes nos resultados: PAFt, PAFo, AVS e AHS. A seleção de valores foi feita a partir das 3 matrizes gerados anteriormente: destas foram escolhidos para cada critério os 2 valores com melhores resultados e combinados em 6 formas. As regras da gramática são descritas ao lado. As regras da gramática de formas foram aplicadas utilizando novamente o programa Rhinoceros com o plug-in Grasshopper.

	PAFt: uma abertura central em cada parede que mantivesse a mesma distância dos limites das paredes (nas fachadas norte, sul e leste). O tamanho da distância é dado pela porcentagem;		AVS: A partir da largura das aberturas, um sombreamento vertical é colocado, com a dimensão certa para atingir o grau necessário;	
	PAFo: uma abertura central em cada parede que mantivesse a mesma distância dos limites das paredes (na fachada oeste). O tamanho da distância é dado pela porcentagem;		AHS: A partir da altura das aberturas, dois sombreamentos horizontais são colocados, com as dimensões certa para atingir o grau necessário.	

RESULTADOS (PARCIAIS)

O Regulamento não considera a orientação solar da fachada onde se encontram os sombreamentos;

Fator Altura e Fator Forma não influenciam no resultado final na Zona Bioclimática 3 com Área de Projeção da Edificação menor do que 500m²;

Ométodo de aferição não considera consumo energético para aquecimento, pois em todos os casos quanto mais sombreamento, melhor a nota;

O resultado 1 é teórico, já que praticamente não possui aberturas e o sombreamento é máximo. Os resultados de 2 a 5 são pouco prováveis de serem realizados, pelas proporções dos brises. Portanto, o resultado 6 é o único que se mostra mais próximo de uma edificação que possa ser construída.

1	PAFt: 0.001 PAFo: 0.001 AVS: 45° AHS: 45°	3	PAFt: 0.446 PAFo: 0.453 AVS: 39.793° AHS: 43.819°	5	PAFt: 0.250 PAFo: 0.164 AVS: 37.586° AHS: 41.922°
2	PAFt: 0.112 PAFo: 0.112 AVS: 40° AHS: 40°	4	PAFt: 0.405 PAFo: 0.487 AVS: 39.038° AHS: 41.218°	6	PAFt: 0.498 PAFo: 0.281 AVS: 32.879° AHS: 24.694°

Nota: 1- A matriz de resultados (empilhamento) foi gerada através de um programa escrito pelo Dr. Renato Silveira em colaboração com Me. Wagner Rampon.

Referências:
 INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. [s.l.] Eletrobrás/Procel, 2010.
 MACIEL, L. F.; CARLO, J. C. Análise De Sensibilidade Do Indicador De Consumo Frente Às Variáveis Das Equações Do Rtg-Cencac 2011. Anais...Búzios, Brasil: 2011