



Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Engenharia Civil

PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 2

Título: Sistema On-Line de Indicadores de Projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural – Benchmark

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

Aluno: Guilherme Martins Lopes

Resumo do Projeto de Pesquisa

O presente trabalho tem como meta a elaboração de um sistema para consulta on-line, para formulação do sistema foram utilizados os dados obtidos em um projeto de mestrado onde foram levantados dados relativos à característica e consumo de materiais, em uma amostra de 120 projetos de edifícios. A fim de expandir os dados foram levantados dados relativos à arquitetura que são: índice de compacidade, índice de circulação, densidade de paredes e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total. Dos 120 projetos citados apenas 90 possuíam informações para este novo levantamento por isso foi feito um novo levantamento completo de dados para aumentar os dados já possuídos, com isso foram levantados mais 17 projetos, tendo assim um total de 137 projetos, onde 107 possuem dados completos. A partir desses dados foram calculados indicadores de consumo. Utilizar uma base de dados considerada relevante para construções em alvenaria estrutural, com uma complementação de dados relacionados à arquitetura e criação de um sistema computacional para permitir o acesso on-line aos indicadores e eventual inclusão de novos dados é o objetivo do presente trabalho. Com a consulta o Engenheiro Civil poderá estimar valores de consumo médio em uma obra baseado nos dados disponíveis, além disso comparar os valores obtidos em um novo projeto com os do banco de dados (benchmark), a partir desta comparação o sistema se auto-alimentara anexando o projeto do Engenheiro assim o banco de dados terá uma maior abrangência no futuro.

São Carlos, Agosto de 2009

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	CRONOGRAMA	5
3.	ANÁLISE DOS DADOS COMPLEMENTARES	6
4.	ANÁLISE E OS RESULTADOS DA ESTATÍSTICA REALIZADA.....	7
4.1.	REGRESSÃO MÚLTIPLA	7
4.1.1.	<i>Modelo de regressão múltipla.....</i>	8
4.1.2.	<i>Estimativa do coeficiente de regressão.....</i>	8
4.1.3.	<i>Cálculo dos resíduos.....</i>	8
4.1.4.	<i>Teste F.....</i>	9
4.1.5.	<i>Coefficiente de determinação.....</i>	9
4.1.6.	<i>Coefficiente de variação.....</i>	9
4.2.	ANÁLISE DE CLUSTER	10
4.3.	PRIMEIRO AJUSTE	11
4.3.1.	<i>Análise e resultados primeiro ajuste.....</i>	12
4.3.1.1.	Sobrados	12
4.3.1.2.	345 pavimentos	13
4.3.1.3.	789 pavimentos	13
4.3.1.4.	Acima de 10 pavimentos	14
4.4.	SEGUNDO AJUSTE	14
4.4.1.	<i>Análise e resultados segundo ajuste.....</i>	15
4.4.1.1.	Sobrados	15
4.4.1.2.	345 pavimentos	17
4.4.1.3.	789 pavimentos	19
4.4.1.4.	Acima de 10 pavimentos	21
4.5.	TERCEIRO AJUSTE.....	23
4.5.1.	<i>Análise e resultados terceiro ajuste.....</i>	24
4.5.1.1.	Sobrados	24
4.5.1.2.	345 pavimentos	24
4.5.1.3.	789 pavimentos	24
4.5.1.4.	Acima de 10 pavimentos	24
4.6.	QUARTO AJUSTE.....	25
4.6.1.	<i>Análise e resultados quarto ajuste.....</i>	26
4.6.1.1.	Sobrados	26
4.6.1.2.	345 pavimentos	27
4.6.1.3.	789 pavimentos	28
4.6.1.4.	Acima de 10 pavimentos	30
4.7.	QUINTO AJUSTE	32
4.7.1.	<i>Análise e resultados quinto ajuste.....</i>	33
4.7.1.1.	Presença de pilotis	33
4.8.	VALORES DE ENTRADA.....	37
5.	DESENVOLVIMENTO DA PÁGINA DA INTERNET	37
5.1.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA FORMULÁRIO DE COMPARAÇÃO	38
5.1.1.	<i>Preencher corretamente o formulário obrigatório que será exibido</i>	38
5.1.2.	<i>Exemplo do formulário obrigatório preenchido</i>	40
5.1.3.	<i>Observações do formulário básico</i>	42
5.1.4.	<i>Preencher corretamente o formulário intermediário que será exibido.....</i>	42
5.1.5.	<i>Exemplo do formulário intermediário preenchido</i>	45
5.1.6.	<i>Observações do formulário intermediário</i>	47
5.1.7.	<i>Preencher corretamente o formulário avançado que será exibido</i>	49
5.1.8.	<i>Exemplo do formulário avançado preenchido</i>	53
5.2.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA SOBRE O WEBSITE	55
5.3.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA INFO.....	56
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	57
7.	CONCLUSÕES	62
8.	REFERÊNCIAS.....	63
9.	APÊNDICE	66
9.1.	RESUMO SUBMETIDO A CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	66
9.2.	RESUMO SUBMETIDO A CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	67
9.1.	ARTIGO ACEITO PELO CONGRESSO CIENTÍFICO	68
10.	ANEXOS.....	78
10.1.	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. BLANCO, R. ESTIMAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR) CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA, 2009.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma Proposto.....	5
Tabela 2: Teste de normalidade	9
Tabela 3: ANOVA.....	9
Tabela 4: Estatística do ajuste	10
Tabela 5: Estimativa dos Parâmetros.....	10
Tabela 6: Legenda para os parâmetros	11
Tabela 7: Primeiro ajuste	12
Tabela 8: Variáveis do primeiro ajuste.....	12
Tabela 9: Segundo ajuste.....	15
Tabela 10: Variáveis do segundo ajuste	15
Tabela 11: Terceiro ajuste.....	23
Tabela 12: Variáveis do terceiro ajuste	23
Tabela 13: Quarto ajuste	25
Tabela 14: Variáveis do quarto ajuste.....	25
Tabela 15: Quinto ajuste.....	32
Tabela 16: Variáveis do quinto ajuste	33
Tabela 17: Valores de correção	37
Tabela 18: Parâmetros e possíveis respostas do formulário obrigatório.....	39
Tabela 19: Parâmetros e possíveis respostas do formulário intermediário.....	43
Tabela 20: Parâmetros e possíveis respostas do formulário avançado.....	50
Tabela 21: Comparação de indicadores relacionados a blocos	62
Tabela 22: Parâmetros corrigidos.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação do Índice de Compacidade	6
Figura 2: Classificação da Densidade de Parede	6
Figura 3: Classificação para Índice de Circulação.....	7
Figura 4: Pagina inicial	38
Figura 5: Formulário obrigatório	39
Figura 6: Ajuda do formulário básico	39
Figura 7: Exemplo do formulário básico preenchido	40
Figura 8: Resultados da análise básica	40
Figura 9: Continuação de resultados da análise básica	41
Figura 10: Observações	42
Figura 11: Botões para prosseguir ou retornar	42
Figura 12: Detalhe da resposta pilotis no formulário básico.....	42
Figura 13: Formulário intermediário.....	44
Figura 14: Ajuda do formulário intermediário	44
Figura 15: Exemplo do formulário intermediário	45
Figura 16: Resultado da análise intermediária.....	45
Figura 17: Continuação de resultado da análise intermediária	46
Figura 18: Observações	46
Figura 19: Botões para prosseguir ou retornar	47
Figura 20: Detalhe do formulário intermediário.....	47
Figura 21: Detalhe de não preenchimento do formulário intermediário	48
Figura 22: Detalhe de preenchimento incompleto do formulário intermediário	48
Figura 23: Resultados do formulário intermediário parcialmente preenchido	49
Figura 24: Formulário avançado.....	51
Figura 25: Continuação do formulário avançado	52
Figura 26: Exemplo do formulário avançado	53
Figura 27: Continuação de exemplo do formulário avançado	54
Figura 28: Resultados do formulário avançado e equação.....	54
Figura 29: Continuação de resultados do formulário avançado e equação.....	55
Figura 30: Pagina sobre o website.....	56
Figura 31: Pagina info do website	57
Figura 32: Formulário intermediário para análise sem pilotis	58
Figura 33: Formulário intermediário para análise com pilotis.....	58
Figura 34: Resultado análise sem pilotis.....	59
Figura 35: Continuação de resultado análise sem pilotis	59
Figura 36: Resultado análise com pilotis.....	60
Figura 37: Continuação de resultado análise com pilotis.....	61

1. INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se às realizadas nos meses finais do projeto. Por conta da perda de diretórios de alguns projetos como foi citado no primeiro relatório deste trabalho, da amostra de 120 projetos de edifícios, apenas 90 possuíam informações para o levantamento de dados relativos à arquitetura que são: índice de compacidade, índice de circulação, densidade de paredes e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total. Para melhorar essa amostra foi realizado um novo levantamento completo de dados, para isso foi necessário entrar em contato com um escritório de engenharia para que fornecessem alguns de seus projetos foram fornecidos 17 projetos, tendo assim um total de 137 projetos, onde 107 possuem dados completos. A partir desses dados foram calculados todos os índices considerados relevantes para o trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se o cronograma de execução do trabalho, os itens marcados foram concluídos. O capítulo 3 apresenta a análise dos resultados complementares. O capítulo 4 apresenta a análise e os resultados da estatística realizada. O capítulo 5 apresenta o desenvolvimento da página da internet. O capítulo 6 apresenta algumas análises de resultados do trabalho. O capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho. O capítulo 8 apresenta as referências. O capítulo 9 apresenta o apêndice do projeto e por fim o capítulo 10 apresenta os anexos deste trabalho. Entende-se que o trabalho foi desenvolvido conforme proposto.

O resumo em anexo, **Sistema On-line para Benchmark de projetos de edifícios em alvenaria estrutural. ALCANTARA JUNIOR, P.S.B., LOPES, G. M., A.S. PARSEKIAN,G.A.**, foi submetido ao XVII Congresso de Iniciação Científica (CIC).

O resumo em anexo, **Indicador Geométricos da Arquitetura de Edifícios em Alvenaria Estrutural. LOPES, G. M.; ALCANTARA JUNIOR, P.S.B., A.S. PARSEKIAN,G.A.**, foi submetido ao XVII Congresso de Iniciação Científica (CIC).

O artigo em anexo, **Indicador Geométricos da Arquitetura de Edifícios em Alvenaria Estrutural. LOPES, G. M.; ALCANTARA JUNIOR, P.S.B.; FREIRE, A.S. PARSEKIAN,G.A.**, foi aprovado pelo VI Simpósio Brasileiro De Gestão E Economia Da Construção.

2. Cronograma

A Tabela 1 mostra o cronograma do trabalho proposto, sendo destacado com a parte do projeto já desenvolvida.

Tabela 1: Cronograma Proposto

Atividade	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparação	x											
1ª fase		x	x	x								
2ª fase					x	x						
3ª fase							x					
4ª fase								x	x			
5ª fase										x	x	
Testes										x	x	
Redação de relatório					x	x					x	x

3. Análise dos dados complementares

Mediante a complementação de dados necessária no trabalho, foi também realizada uma nova análise desses dados de arquitetura. Agora com os 107 projetos e não mais com os 90 da primeira fase, este capítulo irá apresentar tal análise.

A Tabela 2 traz valores considerados ótimo, bom e ruim para cada parâmetro, de acordo com BRASILEIRO (2007).

Tabela 2: Valores de referência (BRASILEIRO, 2007)

	ÓTIMO	BOM	RUIM
Icirc	Menor que 7,00%	Entre 7,00% e 9,00%	Maior que 9,00%
Ic	Maior que 70,00%	Entre 60,00% e 70,00%	Menor que 60,00%
DP	Igual a 15,00 %	Menor que 15,00 %	Maior que 15,00%

Os dados levantados nesta pesquisa podem ser comparados com a Tabela 2 e classificados em ÓTIMO, BOM e RUIM, de acordo com estes valores de referências. A Figura 1 indica a classificação para o índice de compacidade, fazendo uma relação com classificação sugerida por Brasileiro, 2007.

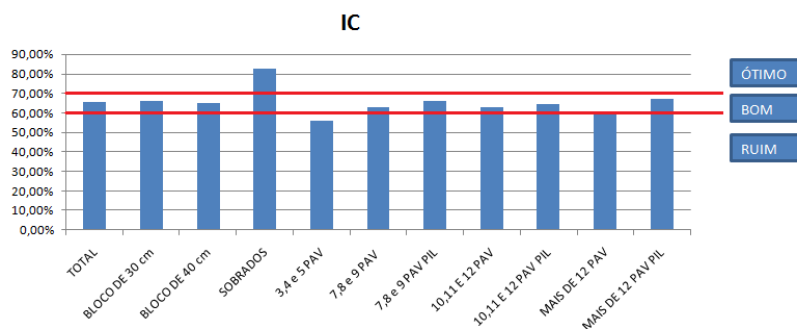


Figura 1: Classificação do Índice de Compacidade

Para o indicador índice de compacidade nos sobrados o valor médio se localiza no intervalo considerado ótimo pela referência (maior que 70%). Conclui-se que os sobrados possuem índice de compacidade tendendo ao ideal. Com isso, esta tipologia se aproxima da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas. Para o mesmo indicador, para a tipologia 3, 4 e 5 pavimentos, o índice de compacidade encontrado está em 56,12%, no intervalo considerado ruim (menor que 60%). As demais tipologias analisadas neste trabalho encontram-se no intervalo considerado bom (entre 60% e 70%).

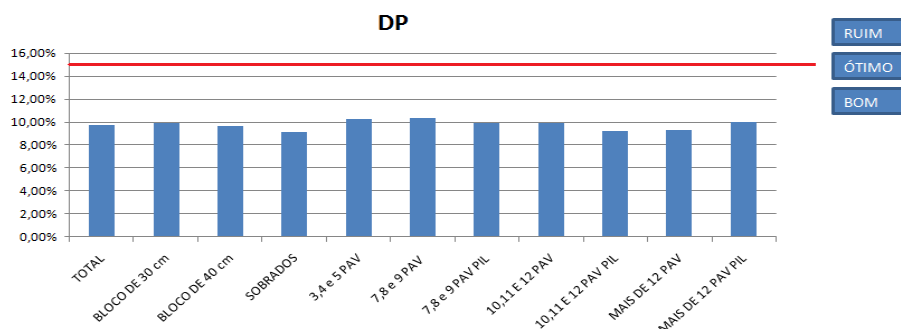


Figura 2: Classificação da Densidade de Parede

A Figura 2 mostra a classificação para a densidade de parede. Nota-se a amostra esta uniformemente distribuída entre o mínimo (9,13% em sobrados) e o máximo (10,36% em 7,8 e 9 PAV), diferente do ocorrido com as outras tipologias que a quase sempre concentra a maioria dos índices encontrados próximos a média destes. No geral o valor médio se encontra no intervalo considerada boa (menor que 15%) pela referencia adotada. Portanto o grau de compartimentação nessa amostra é bom, levando a uma grande área útil nas edificações.

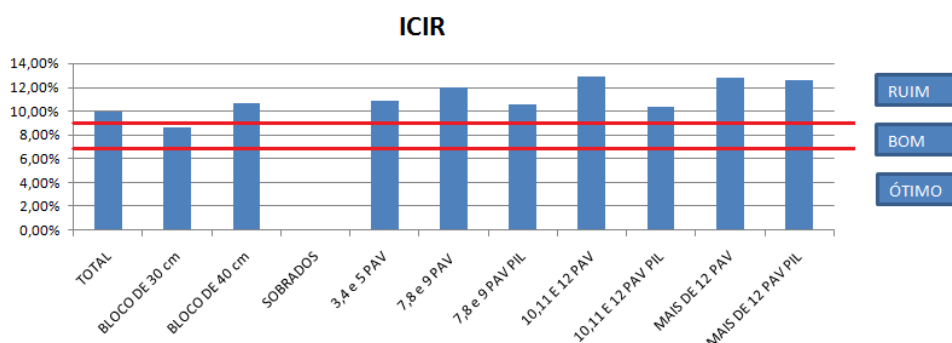


Figura 3: Classificação para Índice de Circulação

A Figura 3 mostra a classificação para o índice de circulação. Nota-se uma variação considerável entre os valores obtidos, tanto dentro da tipologia quanto comparados as médias obtidas dentro destas tipologias e no geral os valores médios encontrados são da classificação no intervalo considerados ruim (maior que 9%). Este indicador poderia talvez ser minimizado, pois correspondem a uma área das edificações de uso comum que agregam um alto custo para a obra.

4. Análise e os resultados da estatística realizada

A proposta de análise foi o ajuste de vários modelos de regressão múltipla para este trabalho foram realizados 5 ajustes, considerando as observações como um todo, separadas em tipologias, tais como Família de Bloco B30, com Pilotis e Sobrados e pelo agrupamento de tais tipologias em blocos que sejam os mais homogêneos possíveis para a estimação dos indicadores. Há ainda a destacar que a técnica estatística utilizada para a possível criação de tais agrupamentos é chamada de análise de *cluster*, ou análise de agrupamentos.

4.1. Regressão múltipla

Em regressão múltipla a partir de uma variável resposta que é a quantidade a ser estimada e outras covariáveis, que provavelmente possuem algum tipo de relação com a resposta. Um possível procedimento para a escolha das covariáveis que tenham relevância para o resultado é observar-se o coeficiente de correlação, onde valores baixos indicam falta de informação com relação à resposta a ser estimada. A chamada análise do VIF (Variance Inflation Factor), que visa selecionar variáveis com ausência de multicolinearidade, variáveis com relação entre si no mínimo lineares, o que implica no fato de variáveis diferentes estarem explicando praticamente as mesmas relações. Por fim, a utilização de algoritmos de seleção de variáveis, como o Stepwise, Backward e Forward.

4.1.1. Modelo de regressão múltipla

Para este trabalho o modelo de regressão múltipla foi ajustado da seguinte maneira: inicialmente, para a realização de um ajuste devemos definir qual a variável resposta e depois as variáveis explicativas. Assim, em posse das mesmas podemos começar a fase de ajuste. Para isso, inserimos a seguinte sintaxe no software (SAS Statistical Analysis System).

```
Proc reg data=Acima_de_10 pavimentos;  
Model Q11= A BB D AB AD ABD FAMILIA PILOTIS ALTURA1 ALTURA2 /  
SELECTION=STEPWISE; MODELO  
run;
```

Onde:

- Q11= Taxa de aço em pilar
- A=Índice de compacidade
- BB= Densidade de paredes
- D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
- FAMILIA= Família de bloco
- PILOTIS = Presença ou ausência de pilotis
- ALTURA1 = 1 se altura igual a 7, 8 ou 9 pavimentos
- ALTURA1 = 0 se altura igual a 10, 11 ou 12 pavimentos
- ALTURA2 = 0 se altura igual a 7, 8 ou 9 pavimentos
- ALTURA2 = 1 se altura igual a 10, 11 ou 12 pavimentos

Assim, quando rodamos este programa, estamos em busca da estimação de Q11, explicado por A, BB D AB AD ABD FAMILIA PILOTIS ALTURA1 ALTURA2, sendo que o método de escolha das variáveis é o stepwise, mencionado anteriormente. Após isso o software fornece quais as variáveis devem estar no ajuste. Após isso, repetimos praticamente a mesma sintaxe anterior.

4.1.2. Estimativa do coeficiente de regressão

O coeficiente de regressão chamando de parameter estimate pelo software utilizado (SAS Statistical Analysis System) é calculado e fornecido automaticamente pelo referido softwares e tais valores estão na Tabela 5.

4.1.3. Calculo dos resíduos

O calculo dos resíduos é de grande importância para analisar a adequabilidade do ajuste sendo que estes devem seguir uma distribuição normal. A Tabela 2 fornece um teste de normalidade para a análise realizada, observa-se que o chamado p-value do teste de Kolmogorov-Smirnov obedece à condição de que P-value seja maior que 5% (0,05), que é o nível de significância adotado para o trabalho em questão. Caso a normalidade não seja confirmada ou algum coeficiente estatístico seja muito discrepante pode-se aplicar alguma transformação matemática em alguma variável, para este caso foi aplicado raiz quadrada em Q11, com isso ao obter a equação de Q11 a verdadeira resposta para este índice será Q11 elevado ao quadrada (Q11²).

Tabela 2: Teste de normalidade

Goodness-of-Fit Tests for Normal Distribution				
Test	Statistic		p Value	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.06251331	Pr > D	>0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.02771516	Pr > W-Sq	>0.250
Anderson-Darling	A-Sq	0.21711973	Pr > A-Sq	>0.250

4.1.4. Teste F

A função do teste F é verificar a existência de relação entre a variável resposta e as covariáveis utilizadas. Tal teste é realizado em cima de duas hipóteses que são definidas para este teste implicam como:

- H_0 : nenhuma variável é significativa;
- H_1 : pelo menos uma variável é significativa.

Se H_0 é aceito, conclui-se que nenhuma variável utilizada no ajuste do modelo é significativa para explicar a resposta, caso contrário pelo menos uma das variáveis é, portanto, o modelo é significativo.

4.1.5. Coeficiente de determinação

O coeficiente de determinação chamando de R^2 pelo software utilizado (SAS Statistical Analysis System) é calculado e fornecido automaticamente pelo referido softwares e tal valor esta na Tabela 4.

4.1.6. Coeficiente de variação

O coeficiente de variação chamando de coeff var pelo software utilizado (SAS Statistical Analysis System) é calculado e fornecido automaticamente pelo referido softwares e tal valor esta na Tabela 4, tal coeficiente é calculado dividindo-se o desvio padrão pela média da amostra analisada.

Tabela 3: ANOVA

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	5859.98926	1953.32975	1097.56	<.0001
Error	36	64.06950	1.77971		
Uncorrected Total	39	5924.05877			

Tabela 4: Estatística do ajuste

Root MSE	1.33406	R-Square	0.9892
Dependent Mean	12.24156	Adj R-Sq	0.9883
Coeff Var	10.89777		

Tabela 5: Estimativa dos Parâmetros

Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
D	D	1	0.14327	0.00930	15.41	<.0001
C	C	1	-0.16485	0.07303	-2.26	0.0302
familia	família	1	1.43510	0.43288	3.32	0.0021

Por fim, destas tabelas acima, os valores que realmente devem ser analisados estão nas Tabela 3 e

Tabela 5, sendo estes aqueles que estão em negrito. Da Tabela 3, tiramos que o p-valor indica que o modelo que estamos ajustando tem sentido, ou seja, as variáveis utilizadas podem ser utilizadas para o ajuste, e da

Tabela 5, o p-valor nos indica que a variável D realmente pode ser usada para determinar Q11.

4.2. Análise de cluster

Método estatístico que visa à separação de um determinado conjunto de observações em grupos homogêneos, de tal forma que a variabilidade dentro dos grupos seja menor do que entre os grupos. Pelo fato da utilização de varias tipologias neste trabalho esta análise terá uma grande importância já que uma possível diminuição desses grupos aumentaria a quantidade de informação por grupo assim melhorando a análise.

Após a aplicação deste método neste trabalho foi observado que não seria interessante a sua utilização pelo fato das divisões de grupos não seguirem a homogeneidade esperada. O único grupo que pode ser colocado junto foi:

- 10,11,12 pavimentos
- 10,11,12 pavimentos com pilotis
- Acima de 12 pavimentos
- Acima de 12 pavimentos pilotis

Tais grupos acima citados foram agrupados em um novo grupo de acima de 10 pavimentos. Os métodos citados acima estão teoricamente descritos em anexo a este trabalho em BLANCO, R. Estimación de Indicadores de projeto para alvenaria

estrutural. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Estatística, 2009. Trabalho de conclusão de curso

Os indicadores analisados estão numerados de Q1 a Q29 e seus respectivos nomes estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Legenda para os parâmetros

#	INDICADORES	REFERÊNCIA	UNIDADE
Q1	Índice de cargas por estaca	nº de estacas	kN/um
Q2	Índice de cargas por tubulão	nº de tubulões	kN/um
Q3	Índice de cargas por área total do edifício	Pav. fundação	kN/m ²
Q4	Área de influência de estaca	Pav. fundação	m ² /um
Q5	Área de influência de tubulão	Pav. fundação	m ² /um
Q6	Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame	Volume de concreto	kg/m ³
Q7	Espessura média em viga baldrame	Pav. fundação	m ³ /m ²
Q8	Taxa de aço em pilar do pilotis	Volume de concreto	kg/m ³
Q9	Taxa de aço em viga do pilotis	Volume de concreto	kg/m ³
Q10	Taxa de aço em laje do pilotis	Volume de concreto	kg/m ³
Q11	Taxa de aço do pavimento do pilotis	Volume de concreto	kg/m ³
Q12	Índice de forma em pilar do pilotis	Pilotis	m ² /m ²
Q13	Índice de forma em viga do pilotis	Pilotis	m ² /m ²
Q14	Índice de forma em laje do pilotis	Pilotis	m ² /m ²
Q15	Espessura média de pilar do pilotis	Pilotis	m ³ /m ²
Q16	Espessura média de viga do pilotis	Pilotis	m ³ /m ²
Q17	Espessura média de laje do pilotis	Pilotis	m ³ /m ²
Q18	Espessura média do pavimento pilotis	Pilotis	m ³ /m ²
Q19	Taxa de aço em alvenaria por área do pav. tipo	Pav. Tipo	kg/m ²
Q20	Espessura média de laje do tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²
Q21	Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	Volume de concreto	kg/m ³
Q22	Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²
Q23	Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²
Q24	Índice de graute por área do pav. tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²
Q25	Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²
Q26	Índice de meio-bloco por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²
Q27	Índice de bloco especial por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²
Q28	Índice de bloco canaletta por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²
Q29	Índice de bloco meia-canaleta por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²

4.3. Primeiro Ajuste

O primeiro ajuste esta apresentado na Tabela 7 abaixo, tal ajuste foi analisado a influencia geral dos parâmetros de arquitetura. Os indicadores analisados para este ajuste estão na Tabela 6 e as variáveis utilizadas para relacionar os indicadores analisados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 7: Primeiro ajuste

Primeiro Ajuste			
Sobrados	A B D FAMILIA	Q3, Q6, Q7, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29	Influencia geral dos parâmetros de arquitetura na alvenaria estrutural
345PAV	A B C D FAMILIA		
789PAV	A B C D FAMILIA PILOTIS		
1012_13PAV	A B C D FAMILIA PILOTIS		

Tabela 8: Variáveis do primeiro ajuste

Primeiro Ajuste
A=Índice de compacidade
BB= Densidade de Paredes
C = Índice de Circulação
D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
AB = Multiplicação das variáveis A, B
AC= Multiplicação das variáveis A, C
AD = Multiplicação das variáveis A e D
BC = Multiplicação das variáveis B e C
BD = Multiplicação das variáveis B e D
CD = Multiplicação das variáveis C e D
ABD = Multiplicação das variáveis A, B e D
ABCD = Multiplicação das variáveis A, B, C e D
FAMILIA = Se bloco de 30 recebe 1, caso contrário recebe 0
PILOTIS = Se existe pilotis recebe 1, caso contrário 0
ALTURA1 = Se altura igual a 1012 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0

4.3.1. Análise e resultados primeiro ajuste

Para a apresentação e análise dos resultados do primeiro ajuste será apresentada abaixo dividida pelas tipologias consideradas. Ressalta-se que para o indicador Q20 - Espessura média de laje do tipo não foi feita nenhuma relação com as variáveis utilizadas já que tal indicador foi adotado sempre de 0,08 m no conjunto de projetos analisados. Apenas os indicadores Q22 e Q23 serão utilizadas as formulas obtidas no primeiro ajuste, pois fornecem melhores resultados.

4.3.1.1. Sobrados

Q22 - Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = ABD(1.962726E - 9)$$

$$R^2: 0.9350$$

Coefficiente de Variação = 27.38180

Análise: As três variáveis multiplicadas que relacionam este índice, são referenciais a compacidade, compartimentação e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do projeto. Para tal tipologia o índice de circulação (C), não foi considerado por isso não esta relacionado na formula.

Q23 - Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00026638) - AD(2.42282E - 8)$$

$$R^2: 0.9443$$

Coefficiente de Variação = 28.69377

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade dos edifícios e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício.

4.3.1.2.345 pavimentos

Q22 - Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = C(0.00071630) + D(0.00013762)$$

$$R^2=0.9765$$

Coefficiente de Variação = 16.97603

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a circulação dos edifícios e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício.

Q23 - Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.30223) + D(0.00003932) - BD(0.00003250)$$

$$R^2 = 0,9895$$

Coefficiente de Variação = 12,29529

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compartimentação dos edifícios e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício.

4.3.1.3.789 pavimentos

Q22 - Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = C(0.52264) - BB(0.68303) + D(0.01389) + BD(0.00693) - CD(0.00534)$$

$$+ FAMILIA(013159) + PILOTIS(0.12807)$$

$$R^2 = 0,9604$$

Coefficiente de Variação = 23,30212

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a circulação dos edifícios, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compartimentação dos edifícios, família e pilotis com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão

relacionadas com a alvenaria do edifício. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q23 - Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.02771) - AD(0.00031584) + D(0.00236) + PILOTIS(0.03103)$$

$$R^2 = 0,8968$$

Coefficiente de Variação = 41,68756

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compactidade dos edifícios e pilotis com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

4.3.1.4.Acima de 10 pavimentos

Q22 - Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.01245) + BB(0.06193) - FAMILIA(001755)$$

$$R^2 = 0.9750$$

Coefficiente de Variação = 16.58339

Análise: Esta formula segue a mesma análise da anterior foi necessário que se utilizasse todas as variáveis observadas na formula acima. Mesmo algumas variáveis não tendo influencia considerável elas foram utilizadas para que os resíduos seguissem normalidade. Com base nas análises anteriores todas as variáveis em questão são relacionadas à alvenaria do edifício.

Q23 – Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.14058) - D(0.02366) - AD(0.00156) + FAMILIA(026678) + PILOTIS(0.18808)$$

$$R^2 = 0.9900$$

Coefficiente de Variação = -11.07061

Análise: As variáveis que relacionam a formula acima estão relacionados à compactidade, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria, família de blocos e presença ou ausência de pilotis. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

4.4. Segundo Ajuste

O segundo ajuste esta apresentado na Tabela 9 abaixo, tal ajuste foi analisado a influencia geral dos parâmetros de arquitetura. Os indicadores analisados para este ajuste estão na Tabela 6 e as variáveis utilizadas para relacionar os indicadores analisados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 9: Segundo ajuste

Segundo Ajuste			
Sobrados	A,B,D, E, F, G, FAMILIA	Q19, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29	Influencia da presença ou não de cintas no consumo de graute e armadura em alvenaria
345PAV	A,B,D, E, F, G, FAMILIA		
789PAV	A,B,D, E, F, G, FAMILIA PILOTIS		
1012_13PAV	A,B,D, E, F, G, FAMILIA PILOTIS		

Tabela 10: Variáveis do segundo ajuste

Segundo Ajuste
A= Índice de compacidade
BB= Densidade de Paredes
C = Índice de Circulação
D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
E = Cinta meia altura-paredes externas
F = Cinta meia altura paredes externas e internas
G = Grautes verticais encontros de parede
AB = Multiplicação das variáveis A, B
AC= Multiplicação das variáveis A, C
AD = Multiplicação das variáveis A e D
BC = Multiplicação das variáveis B e C
BD = Multiplicação das variáveis B e D
CD = Multiplicação das variáveis C e D
ABD = Multiplicação das variáveis A, B e D
ABCD = Multiplicação das variáveis A, B,C e D
FAMILIA = Se bloco de 30 recebe 1, caso contrário recebe 0
PILOTIS = Se existe pilotis recebe 1, caso contrário 0
ALTURA1 = Se altura igual a 10,11e12 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0

4.4.1. Análise e resultados segundo ajuste

Para a apresentação e análise dos resultados do segundo ajuste será apresentada abaixo dividida pelas tipologias consideradas. Apenas os indicadores Q19, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, e Q29 serão utilizadas as fórmulas obtidas no segundo ajuste, pois fornecem melhores resultados.

4.4.1.1. Sobrados

Q19 - Taxa de aço em alvenaria por área do pav. Tipo

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00009117) + FAMILIA(0.58953)$$

$$R^2=0.9336$$

Coefficiente de Variação=29.72461

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no aço utilizado na alvenaria. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q24 - Índice de graute por área do pav.

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00002935)$$

$$R^2=0.9677$$

Coefficiente de Variação =18.88022

Análise: A variável que relaciona este índice é compacidade do edifício variável esta que esta relacionada com a alvenaria do edifício assim influencia no consumo de graute, porem para a tipologia de sobrados tal índice esta expressado com poucas variáveis.

Q25 - Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo

Resposta : Inverter o Box Cox em $\hat{Y} : ((v56^{(-0,035186)})-1)/(-0,035186)$

$$\hat{Y} = A(0.00029546) + \text{FAMILIA}(0.72438)$$

$$R^2=0.9949$$

Coefficiente de Variação =7.71794

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos inteiros. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q26 - Índice de meio-bloco por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00037915)$$

$$R^2=0.9344$$

Coefficiente de Variação =27.41739

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a compacidade com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de meio-blocos.

Q27 - Índice de bloco especial por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00073936) - \text{FAMILIA}(4.47038)$$

$$R^2=0.9645$$

Coefficiente de Variação =23.53322

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos especiais. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. A família tem grande

relevância para o índice já que dependendo da família do bloco há necessidade de se utilizar os blocos chamados de especiais para amarrações por exemplo.

Q28 - Índice de bloco canaleta por área do pav.tipo

Resposta: Inverter o Box Cox em $\hat{Y} : ((\sqrt{59}^{-0,446204})-1)/(-0,446204)$

$$\hat{Y} = A(0.00011859) + FAMILIA(0.47161)$$

$$R^2=0.9913$$

Coefficiente de Variação =10.24711

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos canaleta. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q29 - Índice de bloco meia-canaleta por área do pav.tipo

Resposta: Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00019679) - AD(1.2216E - 8) + FAMILIA(0.17406)$$

$$R^2=0.9729$$

Coefficiente de Variação =18.86607

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compacidade e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos meia-canaleta. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. pilotis.

4.4.1.2.345 pavimentos

Q19 - Taxa de aço em alvenaria por área do pav. Tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00016617) - FAMILIA(051668)$$

$$R^2=0.9408$$

Coefficiente de Variação =27.36048

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q24 - Índice de graute por área do pav. Tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00001932)$$

$$R^2=0.9932$$

Coefficiente de Variação =8.52898

Análise: A variável que relaciona este índice é relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total variável esta que esta relacionada com a alvenaria do edifício com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de graute, porem para a tipologia de sobrados tal índice esta expressados por poucas variáveis.

Q25 - Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00036066) + CD(5.012742E - 8) + FAMILIA(075676)$$

$$R^2=0.9968$$

Coeficiente de Variação =6.40965

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, circulação e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos inteiros. Observa-se nesta relação à presença do índice de circulação que é ausente na tipologia de sobrados. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q26 - Índice de meio-bloco por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = E(0.86011) + A(0.00025997) - FAMILIA(029837)$$

$$R^2=0.9735$$

Coeficiente de Variação =18.96713

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a Cinta meia altura-paredes externas, a compacidade e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de meio-blocos. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q27 - Índice de bloco especial por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00022918) - C(0.00029283) - FAMILIA(104384)$$

$$R^2=0.9937$$

Coeficiente de Variação =9.47817

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, índice circulação e família de blocos com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos especiais. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. A família tem grande relevância para o índice já que dependendo da família do bloco há necessidade de se utilizar os blocos chamados de especiais para amarrações por exemplo.

Q28 - Índice de bloco canaleta por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00018795)$$

$$R^2=0.9770$$

Coeficiente de Variação =15.87474

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos canaleta.

Q29 - Índice de bloco meia-canaleta por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00005283) + E(0.19686)$$

$$R^2=0.9649$$

Coeficiente de Variação = 20.73409

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a Cinta meia altura-paredes externas e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos meia-canaleta.

4.4.1.3.789 pavimentos

Q19 - Taxa de aço em alvenaria por área do pav. Tipo

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.10965)$$

$$R^2= 0.9774$$

Coeficiente de Variação = 15.75915

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a densidade de parede com isso o a relação obtida é coerente pela variável que esta relacionada com a alvenaria do edifício assim influenciam no aço utilizado na alvenaria.

Q24 - Índice de graute por área do pav. Tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BD(0.00004839) - G(0.01763)$$

$$R^2= 0,9582$$

Coeficiente de Variação = 21,95301

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compartimentação dos edifícios e grautes verticais encontros de parede com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de graute. A variável G esta relacionada diretamente com o consumo de graute e observa-se a que a maior influencia para o valor e dado por ela, também se observa que esta tipologia esta expressada em mais de uma variável.

Q25 - Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.16232) + FAMILIA(812689) + PILOTIS(6.55364)$$

$$R^2= 0,9783$$

Coeficiente de Variação = 16,09050

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, família de blocos e pilotis com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos inteiros. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q26 - Índice de meio-bloco por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = BD(0.00147) + FAMILIA(0.08843)$$

$$R^2 = 0.9856$$

Coeficiente de Variação = 12.54634

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de parede, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família de blocos com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de meio-blocos. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q27 - Índice de bloco especial por área do pav.tipo (Bloco de 30 cm)

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = -A(0.10382) - BB(1.31366) - C(0.00325) + D(0.09694) + AB(0.01855)$$

$$R^2 = 0.9356$$

Coeficiente de Variação = 36.29899

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compactidade, índice de circulação e compartimentação dos edifícios, com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos especiais. Para este índice foi necessário separar os dados em blocos de 30 cm e 40 cm para obter melhores resultados nas equações, a formula acima descreve o caso de bloco de 30 cm.

Q27 - Índice de bloco especial por área do pav.tipo (Bloco de 40 cm)

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = -C(0.02346) + D(0.02825)$$

$$R^2 = 0.9926$$

Coeficiente de Variação = 9.18653

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e circulação, com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos especiais. Para este índice foi necessário separar os dados em blocos de 30 cm e 40 cm para obter melhores resultados nas equações, a formula acima descreve o caso de bloco de 40 cm.

Q28 - Índice de bloco canaleta por área do pav.tipo

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.05922) - ABCD(0.00000123) - PILOTIS(1.01188)$$

$$R^2 = 0,9579$$

Coeficiente de Variação = 22,59940

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compactidade da edificação, densidade de parede, índice de circulação, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e pilotis com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos canaleta. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q29 - Índice de bloco meia-canaleta por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = AD(0.00011383)$$

$$R^2=0.9490$$

Coefficiente de Variação =23.64247

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos meia-canaleta.

4.4.1.4.Acima de 10 pavimentos

Q19 - Taxa de aço em alvenaria por área do pav. Tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.22128) + AD(0.00020266) - AB(0.00175) - BD(0.00111) - PILOTIS(0.06234)$$

$$R^2=0.9948$$

Coefficiente de Variação =7.62961

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, densidade de parede, compacidade e pilotis com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q24 - Índice de graute por área do pav. Tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.01493) - AB(0.00021367) + AD(0.00002452)$$

$$R^2=0.9851$$

Coefficiente de Variação =12.72848

Análise: A variável que relaciona este índice é relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, densidade de parede e compacidade com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de graute.

Q25 - Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo

Resposta : Exponencial em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.29715) + A(0.04682) - AB(0.00476) + FAMILIA(0.17904) - PILOTIS(0.06672)$$

$$R^2=0.9969$$

Coefficiente de Variação =5.86152

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade, densidade de parede, família de blocos e pilotis com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos inteiros. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis. Estatisticamente foi analisado que pilotis não é muito relevante porem foi mantido para que a normalidade fosse mantida.

Q26 - Índice de meio-bloco por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.10517) + C(0.07915) - BC(0.00745) + FAMILIA(0.20771) + ALTURA1(0.15430)$$

$$R^2=0.9717$$

Coefficiente de Variação = 18.17581

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de parede, índice de circulação, família de blocos e altura1 com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de meio-blocos. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de altura1 a sua influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12 pavimentos, acima de 12 pavimentos tal variável recebe valor 0. Esta análise conjunta foi possível pelo agrupamento das tipologias 10,11e12 pavimentos com e sem pilotis com a tipologia acima de 12 pavimentos com e sem pilotis.

Q27 - Índice de bloco especial por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.01912) - FAMILIA(101102) + ALTURA1(0.28858)$$

$$R^2 = 0,9767$$

Coefficiente de Variação = 16,60310

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, família e altura1, com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos especiais. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de altura1 a sua influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12 pavimentos, acima de 12 pavimentos tal variável recebe valor 0. Esta análise conjunta foi possível pelo agrupamento das tipologias 10,11e12 pavimentos com e sem pilotis com a tipologia acima de 12 pavimentos com e sem pilotis.

Q28 - Índice de bloco canaleta por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.15778) - AB(0.00263) + A(0.02637)$$

$$R^2 = 0.9806$$

Coefficiente de Variação = 14.52331

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a relação compacidade e densidade de parede com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos canaleta. Observa-se a maior relevância da densidade de paredes que contribui com os maiores valores da formula.

Q29 - Índice de bloco meia-canaleta por área do pav.tipo

Resposta : Quadrado em \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.06474) + ALTURA1(0.13081)$$

$$R^2 = 0.9303$$

Coefficiente de Variação = 27.99717

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a Cinto densidade de paredes e altura1 com isso o a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas com a alvenaria do edifício assim influenciam no consumo de blocos meia-canaleta. Para o caso de altura1 a sua influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12 pavimentos, acima de 12

pavimentos tal variável recebe valor 0. Esta análise conjunta foi possível pelo agrupamento das tipologias 10,11e12 pavimentos com e sem pilotis com a tipologia acima de 12 pavimentos com e sem pilotis.

4.5. Terceiro Ajuste

O terceiro ajuste esta apresentado na Tabela 11 abaixo, tal ajuste foi analisado a influencia geral dos parâmetros de arquitetura. Os indicadores analisados para este ajuste estão na Tabela 6 e as variáveis utilizadas parar relacionar os indicadores analisados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 11: Terceiro ajuste

Terceiro Ajuste			
Sobrados	A,B,C,D, H, I,J,K, FAMILIA	Q20 e Q21	Influencia da presença ou não de cintas no consumo de graute e armadura em alvenaria
345PAV	A,B,C,D, H, I,J,K, FAMILIA		
789PAV	A,B,C,D, H, I,J,K, FAMILIA PILOTIS		
1012_13PAV	A,B,C,D, H, I,J,K, FAMILIA PILOTIS		

Tabela 12: Variáveis do terceiro ajuste

Terceiro Ajuste
A= Índice de compacidade
BB= Densidade de Paredes
C = Índice de Circulação
D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
AB = Multiplicação das variáveis A, B
AC= Multiplicação das variáveis A, C
AD = Multiplicação das variáveis A e D
BC = Multiplicação das variáveis B e C
BD = Multiplicação das variáveis B e D
CD = Multiplicação das variáveis C e D
ABD = Multiplicação das variáveis A, B e D
ABCD = Multiplicação das variáveis A, B,C e D
FAMILIA = Se bloco de 30 recebe 1, caso contrário recebe 0
PILOTIS = Se existe pilotis recebe 1, caso contrário 0
ALTURA1 = Se altura igual a 1012 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0
H = Laje maciça?
I = Laje pré-moldada com vigotas
J = Tem armadura solta?
K = Tem armadura em tela?

4.5.1. Análise e resultados terceiro ajuste

Para a apresentação e análise dos resultados do terceiro ajuste será apresentada abaixo dividido pelas tipologias consideradas. Ressalta-se que para o indicador Q20 - Espessura média de laje do tipo não foi feita nenhuma relação com as variáveis utilizadas já que tal indicador foi adotado sempre de 0,08 m no conjunto de projetos analisados. Apenas o indicador Q21 será utilizada as formulas obtidas no terceiro ajuste, pois fornecem melhores resultados.

4.5.1.1. Sobrados

Q21 - Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00622) + \text{FAMILIA}(1961154)$$

$$R^2 = 0,9436$$

Coeficiente de Variação = 26,56792

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais ao índice compacidade e família, com isso a relação obtida é coerente pela variável esta relacionadas otimização da edificação portanto há certa influencia na laje do pavimento, com isso a taxa em aço em laje é influenciada. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30

4.5.1.2.345 pavimentos

Q21 - Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00683) - AB(0.00035279)$$

$$R^2 = 0,9617$$

Coeficiente de Variação = 21,58821

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais ao índice compacidade, densidade de paredes e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas otimização da edificação portanto há certa influencia na laje do pavimento, com isso a taxa em aço em laje é influenciada

4.5.1.3.789 pavimentos

Q21 - Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = AD(0.00660) + \text{PILOTIS}(9.65768)$$

$$R^2 = 0,9455$$

Coeficiente de Variação = 25,02563

Análise: As variáveis que relaciona este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e compacidade, com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estão relacionadas otimização da edificação, portanto há certa influencia na laje do pavimento, com isso a taxa em aço em laje é influenciada.

4.5.1.4. Acima de 10 pavimentos

Q21 - Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.74996) - AB(0.04028) + \text{PILOTIS}(8.61601)$$

$$R^2 = 0.9537$$

Coefficiente de Variação =22.93056

Análise: As variáveis que relaciona este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, densidade de parede, compacidade dos edifícios e Pilotis, com isso a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas otimização da edificação, portanto há certa influencia na laje do pavimento, com isso a taxa em aço em laje é influenciada e para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

4.6. Quarto Ajuste

O quarto ajuste esta apresentado na Tabela 13 abaixo, tal ajuste foi analisado a influencia geral dos parâmetros de arquitetura. Os indicadores analisados para este ajuste estão na Tabela 6 e as variáveis utilizadas para relacionar os indicadores analisados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 13: Quarto ajuste

Quarto Ajuste			
Sobrados	A,B,C,D, L, M FAMILIA	1 ao 7, quando L=Sim (1) indicador 2 e 5 inexistem quando M=Sim (1) indicador 1 e 4 inexistem	Influencia do tipo de laje e armadura na espessura da laje e consumo de aço
345PAV	A,B,C,D, L, M família		
789PAV	A,B,C,D, L, M FAMILIA PILOTIS		
1012_13PAV	A,B,C,D, L, M FAMILIA PILOTIS		

Tabela 14: Variáveis do quarto ajuste

Quarto Ajuste
A= Índice de compacidade
BB= Densidade de Paredes
C = Índice de Circulação
D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
AB = Multiplicação das variáveis A, B
AC= Multiplicação das variáveis A, C
AD = Multiplicação das variáveis A e D
BC = Multiplicação das variáveis B e C
BD = Multiplicação das variáveis B e D
CD = Multiplicação das variáveis C e D
ABD = Multiplicação das variáveis A, B e D
ABCD = Multiplicação das variáveis A, B,C e D
L=Se fundação estaca recebe 1, caso contrário recebe 0
FAMILIA = Se bloco de 30 recebe 1, caso contrário recebe 0
PILOTIS = Se existe pilotis recebe 1, caso contrário 0
ALTURA1 = Se altura igual a 789 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0
ALTURA2 = Se altura igual a 1012 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0

4.6.1. Análise e resultados quarto ajuste

Para a apresentação e análise dos resultados do quarto ajuste será apresentada abaixo dividida pelas tipologias consideradas. Ressalta-se que para o indicador Q2 - Índice de cargas por tubulão e Q5 - Espessura Área de influência de tubulão, para o caso das tipologias de sobrados e 345 pavimentos não foi feita nenhuma relação com as variáveis utilizadas já que tal indicador não possuía valores disponíveis no conjunto de projetos analisados. Apenas os indicadores Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7 serão utilizadas as formulas obtidas no quarto ajuste, pois fornecem melhores resultados.

4.6.1.1. Sobrados

Q1 - Índice de cargas por estaca

Resposta : exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00046722) + \text{FAMILIA}(047034)$$

$$R^2=0.9961$$

Coefficiente de Variação = 6.75602

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as cargas por estacas são influenciadas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q3 - Índice de cargas por área área total do edifício

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00022642) + L(0.54866) + \text{FAMILIA}(049705)$$

$$R^2=0.9920$$

Coefficiente de Variação =10.06596

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade, presença de estacas e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia nas cargas por área do pavimento. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.. Para o caso de presença de estacas a sua influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de estacas, que corresponde à maior parcela da equação obtida.

Q4 - Área de influência de estaca

Resposta :Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00021704)$$

$$R^2=0,9656$$

Coefficiente de Variação =19,48829

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a compacidade, a relação obtida é coerente pela variável estar relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de estacas.

Q6 - Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.04615) + \text{BD}(0.13864) + \text{FAMILIA}(036228)$$

$$R^2 = 0,9974$$

Coeficiente de Variação = 5,65941

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade, densidade de parede, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas, portanto o volume de concreto nas mesmas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q7 - Espessura média em viga baldrame

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = -A(0.00023490) - D(0.00011625)$$

$$R^2 = 0.9940$$

Coeficiente de Variação = 8.36041

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas, portanto a espessura é afetada.

4.6.1.2.345 pavimentos

Q1 - Índice de cargas por estaca

Resposta Raiz de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00141)$$

$$R^2 = 0.9900$$

Coeficiente de Variação = 10.38420

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as cargas por estacas são influenciadas. Para o caso de família o valor do índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde ao bloco de 30.

Q3 - Índice de cargas por área área total do edifício

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00023589) + BB(0.22037) - BD(0.00002113) + FAMILIA(003702)$$

$$R^2 = 0.9988$$

Coeficiente de Variação = 4.03171

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de paredes, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia nas cargas por área do pavimento. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q4 - Área de influência de estaca

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00047181) + C(0.00108)$$

$$R^2 = 0.9867$$

Coefficiente de Variação = 12.06215

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a circulação e compactidade, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de estacas.

Q6 - Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(9.53788)$$

$$R^2 = 0,9548$$

Coefficiente de Variação = 22,52121

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a densidade de parede, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas, portanto no volume de concreto nas mesmas.

Q7 - Espessura média em viga baldrame

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00002168) + AB(0.00000104)$$

$$R^2 = 0.9897$$

Coefficiente de Variação = 10.97340

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compactidade, densidade de parede e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há influencia na dimensão das vigas, portanto a espessura é afetada.

4.6.1.3.789 pavimentos

Q1 - Índice de cargas por estaca

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.07657) + AC(0.00324) - AD(0.00102) + A(0.05985) - C(0.14214) +$$

$$PILOTIS(0.40701) + ALTURA1(0.20591) + ALTURA2(0.41337)$$

$$R^2 = 0.9944$$

Coefficiente de Variação = 7.98228

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compactidade, índice de circulação, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, pilotis, altura1 e altura2, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as cargas por estacas são influenciadas. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 corresponde a edifícios de 7, 8 ou 9. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12, para este caso a variável altura2 será sempre 0.

Q2- Índice de cargas por tubulão

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.06698) + \text{FAMILIA}(0.056183) + \text{PILOTIS}(0.43899)$$

$$R^2 = 0.9990$$

Coeficiente de Variação = 3.45407

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, família e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as cargas por tubulão são influenciadas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q3 - Índice de cargas por área área total do edifício

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.02519) + \text{BB}(0.27823) - \text{BD}(0.00285)$$

$$R^2 = 0.9988$$

Coeficiente de Variação = 3.73725

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de paredes e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia nas cargas por área do pavimento.

Q4 - Área de influência de estaca

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.02540) + C(0.07672) + \text{FAMILIA}(0.056691) + \text{PILOTIS}(1.04217)$$

$$R^2 = 0.9863$$

Coeficiente de Variação = 12,93627

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, índice de circulação, família e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de estacas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q5 - Área de influência de tubulão

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = \text{BB}(0.73967)$$

$$R^2 = 0.9329$$

Coeficiente de Variação = 27.55294

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a densidade de parede, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento, isso se relaciona as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de tubulões.

Q6 - Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.03073) - PILOTIS(0.11811)$$

$$R^2 = 0,9843$$

Coefficiente de Variação = 13,60002

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de parede e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas, portanto no volume de concreto das mesmas. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q7 - Espessura média em viga baldrame (Com pilotis)

Resposta: Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.01883)$$

$$R^2 = 0.9741$$

Coefficiente de Variação = 16.95605

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a densidade de parede, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento, isso se relaciona as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na espessura média da viga baldrame. Para este índice foi necessário separar os dados em presença de pilotis e ausência de pilotis para obter melhores resultados nas equações, a formula acima descreve o caso de presença de pilotis.

Q7 - Espessura média em viga baldrame (Sem pilotis)

Resposta: Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = BD(0.00032833)$$

$$R^2 = 0.9867$$

Coefficiente de Variação = 12.06215

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais densidade de parede e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há influencia na dimensão das vigas, portanto a espessura é afetada. Para este índice foi necessário separar os dados em presença de pilotis e ausência de pilotis para obter melhores resultados nas equações, a formula acima descreve o caso de ausência de pilotis.

4.6.1.4. Acima de 10 pavimentos

Q1 - Índice de cargas por estaca

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.07657) + AC(0.00324) - AD(0.00102) + A(0.05985) - C(0.14214) + PILOTIS(0.40701) + ALTURA1(0.20591) + ALTURA2(0.41337)$$

$$R^2 = 0.9944$$

Coefficiente de Variação = 7.98228

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compactidade, índice de circulação, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, pilotis, altura1 e altura2, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as

cargas por estacas são influenciadas. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 corresponde a edifícios de 7, 8 ou 9. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12, para este caso a variável altura2 será sempre 1.

Q2- Índice de cargas por tubulão

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.06698) + \text{FAMILIA}(0.056183) + \text{PILOTIS}(0.43899)$$

$$R^2 = 0.9990$$

Coefficiente de Variação = 3.45407

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, família e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, com isso as cargas por tubulão são influenciadas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q3 - Índice de cargas por área área total do edifício

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.13288) + A(0.20729) - AD(0.00237) - \text{FAMILIA}(0.59692)$$

$$R^2 = 0.9959$$

Coefficiente de Variação = 6.73999

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia nas cargas por área do pavimento. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30.

Q4 - Área de influência de estaca

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.02540) + C(0.07672) + \text{FAMILIA}(0.056691) + \text{PILOTIS}(1.04217)$$

$$R^2 = 0.9863$$

Coefficiente de Variação = 12,93627

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, índice de circulação, família e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de estacas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

Q5 - Área de influência de tubulão

Resposta: \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.73967)$$

$$R^2 = 0.9329$$

Coefficiente de Variação = 27.55294

Análise: **Análise:** A variável que relaciona este índice é referencial a densidade de parede, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento, isso se relaciona as cargas permanentes dos pavimentos, portanto há interferência na área de influencia de tubulões.

Q6 - Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.05042) + \text{FAMILIA}(0.45378) - \text{ALTURA1}(0.38207) - \text{PILOTIS}(0.22995) + A(0.05263) - \text{AD}(0.00053849)$$

$$R^2 = 0,9961$$

Coefficiente de Variação = 6,67416

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, compactidade, família de blocos, altura1 e pilotis, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas, portanto no volume de concreto das mesmas. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 corresponde a edifícios de 7, 8 ou 9, para este caso esta variável sempre será 0.

Q7 - Espessura média em viga baldrame

Resposta: Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = \text{ALTURA1}(0.49387) - D(0.028030) - \text{PILOTIS}(0.76547) - \text{FAMILIA}(0.30328)$$

$$R^2 = 0.9833$$

Coefficiente de Variação = -13.85288

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, pilotis e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis estarem relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há influencia na dimensão das vigas, portanto a espessura é afetada. Para o caso de família a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde a bloco de 30. Para o caso de pilotis a sua parcela de influencia no índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde à presença de pilotis.

4.7. Quinto Ajuste

O quinto ajuste esta apresentado na Tabela 15 abaixo, tal ajuste foi analisado a influencia geral dos parâmetros de arquitetura. Os indicadores analisados para este ajuste estão na Tabela 6 e as variáveis utilizadas para relacionar os indicadores analisados estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 15: Quinto ajuste

Quinto Ajuste			
Presença de Pilotis	A B C D FAMILIA	Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17 e Q18	Influencia geral dos parâmetros de arquitetura nos consumos do pilotis

Tabela 16: Variáveis do quinto ajuste

Quinto Ajuste
A= Índice de compacidade
BB= Densidade de Paredes
C = Índice de Circulação
D= Relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total
AB = Multiplicação das variáveis A, B
AC= Multiplicação das variáveis A, C
AD = Multiplicação das variáveis A e D
BC = Multiplicação das variáveis B e C
BD = Multiplicação das variáveis B e D
CD = Multiplicação das variáveis C e D
ABD = Multiplicação das variáveis A, B e D
ABCD = Multiplicação das variáveis A, B,C e D
FAMILIA = Se bloco de 30 recebe 1, caso contrário recebe 0
ALTURA1 = Se altura igual a 789 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0
ALTURA2 = Se altura igual a 101112 Pavimentos recebe 1, caso contrário 0

4.7.1. Análise e resultados quinto ajuste

Para a apresentação e análise dos resultados do quinto ajuste será apresentada abaixo dividido pelas tipologias consideradas.

4.7.1.1. Presença de pilotis

Q8 - Taxa de aço em pilar do pilotis (7, 8 e 9 pavimentos)

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = AB(0.02716)$$

$$R^2=0.9795$$

Coefficiente de Variação =15.03363

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e densidade de parede, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão dos pilares e no consumo de aço. Para este índice foi necessário separar os dados em 7, 8 e 9 pavimentos e acima de 10 pavimentos para obter melhores resultados nas equações, a formula acima descreve o caso de 7, 8 e 9 pavimentos.

Q8 - Taxa de aço em pilar do pilotis (Acima de 10 pavimentos)

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(32.84361) + ALTURA2(120.18343)$$

$$R^2=0.9663$$

Coefficiente de Variação =19.79069

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de parede e altura1, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão dos pilares e no consumo de aço para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 7, 8 ou 9. Para este índice foi necessário separar os dados em 7, 8 e 9 pavimentos e acima de 10 pavimentos para obter melhores resultados nas equações, a fórmula acima descreve o caso de acima de 10 pavimentos.

Q9 - Taxa de aço em viga do pilotis (7, 8 e 9 pavimentos)

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = AB(0.01834) + FAMILIA(3.80321)$$

$$R^2=0.9956$$

Coefficiente de Variação =7.20088

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade, densidade de parede e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas e no consumo de aço. Para o caso de família o valor do índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde ao bloco de 30. Para este índice foi necessário separar os dados em 7, 8 e 9 pavimentos e acima de 10 pavimentos para obter melhores resultados nas equações, a fórmula acima descreve o caso de 7, 8 e 9 pavimentos.

Q9 - Taxa de aço em viga do pilotis (Acima de 10 pavimentos)

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.15642)$$

$$R^2=0.9712$$

Coefficiente de Variação =17.51296

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a compacidade dos edifícios, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas e no consumo de aço. Para este índice foi necessário separar os dados em 7, 8 e 9 pavimentos e acima de 10 pavimentos para obter melhores resultados nas equações, a fórmula acima descreve o caso acima de 10 pavimentos.

Q10 - Taxa de aço em laje do pilotis do pilotis

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.04041) + FAMILIA(0.19862) + ALTURA1(0.35896) + ALTURA2(0.77555)$$

$$R^2=0.9958$$

Coefficiente de Variação = 6.84442

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, altura1, altura2 e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das lajes e no consumo de aço. Para o caso de família o valor do índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde ao bloco de 30. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 7, 8 ou 8. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12.

Q11 - Taxa de aço do pavimento do pilotis

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.14327) - C(0.16485) + FAMILIA(1.43510)$$

$$R^2=0.9892$$

Coefficiente de Variação = 10.89777

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, índice de circulação e família de blocos, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia no consumo de aço. Para o caso de família o valor do índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde ao bloco de 30.

Q12 - Índice de forma em pilar do pilotis

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.00731) + FAMILIA(0.05495)$$

$$R^2=0.9859$$

Coefficiente de Variação = 12.27535

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total e família, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão dos pilares e no forma dos mesmos. Para o caso de família o valor do índice será maior quando o índice receber o valor 1 que corresponde ao bloco de 30.

Q13 - Índice de forma em viga do pilotis

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = D(0.01425) - ALTURA1(0.12826) - ALTURA2(0.09012)$$

$$R^2= 0.9650$$

Coefficiente de Variação = 20.00583

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, altura1 e altura2, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas e nas formas das mesmas. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 7, 8 ou 8. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12.

Q14 - Índice de forma em laje do pilotis

Resposta : Quadrado de \hat{Y}

$$\hat{Y} = -BB(0.36166) - C(0.42409) + D(0.04986) + AB(0.00608) + AC(0.00378) - AD(0.00065896) +$$

$$BC(0.02002) + CD(0.00221) - ABCD(0.00000381) + ALTURA1(0.05003) + ALTURA2(0.01714)$$

$$R^2= 0.9985$$

Coefficiente de Variação = 4.58243

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, índice de compactidade, densidade de parede, índice

de circulação, altura1 e altura2, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das lajes e nas formas das mesmas. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 7, 8 ou 8. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12.

Q15 - Espessura média de pilar do pilotis

Resposta : Exponencial de \hat{Y}

$$\hat{Y} = -D(0.03491)$$

$$R^2 = 0.9926$$

Coefficiente de Variação = 8.73117

Análise: A variável que relaciona este índice é referencial a relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão dos pilares portanto a espessura dos mesmos são influenciadas.

Q16 - Espessura média de viga do pilotis

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = AD(0.00001782)$$

$$R^2 = 0.9215$$

Coefficiente de Variação = 29.58417

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das vigas e na espessura das mesmas.

Q17 - Espessura média de laje do pilotis

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = A(0.00280) - AD(0.00002514) + D(0.0062965) + ALTURA1(0.002255) - ALTURA2(0.01224)$$

$$R^2 = 0.9866$$

Coefficiente de Variação = 12.55317

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a compacidade, relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total, altura1 e altura2, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia na dimensão das lajes e na espessura das mesmas. Para o caso de altura1 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 7, 8 ou 8. Para o caso de altura2 quando a variável receber o valor 1 que corresponde a edifícios de 10, 11 ou 12.

Q18 - Espessura média do pavimento

Resposta : \hat{Y}

$$\hat{Y} = BB(0.02089) + AC(0.00006402)$$

$$R^2 = 0.9700$$

Coefficiente de Variação = 18.09500

Análise: As variáveis que relacionam este índice são referenciais a densidade de parede, índice de compactação e índice de circulação, a relação obtida é coerente pelas variáveis relacionadas à alvenaria do pavimento com isso relaciona-se as cargas permanentes dos pavimentos portanto há certa influencia nas dimensões do pavimento pilotis.

4.8. Valores de entrada

Algumas variáveis podem sofrer alteração nos valores originais para se efetuar a análise estatística no software utilizado (SAS Statistical Analysis System), portanto ao serem inseridas no web site foi necessário corrigi-las a Tabela 17 abaixo mostra as correções necessárias para que as equações acima apresentadas sejam coerentes.

Tabela 17: Valores de correção

Tipologia	A	BB	C	D
Sobrados	Multiplica-se por 100	Nenhuma	Nenhuma	Multiplica-se por 100
3, 4 ou 5 pavimentos	Multiplica-se por 100	Nenhuma	Multiplica-se por 100	Multiplica-se por 100
7, 8 ou 9 pavimentos	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Acima de 10 pavimentos	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma

Os valores de entrada quando não sofrem nenhuma alteração e são em porcentagem (%), é calculado como mostra o exemplo do calculo da taxa de aço em viga do pilotis (Acima de 10 pavimentos). A equação obtida pela análise é $Y=A.(0.15642)$, com o valor do índice de compactação médio para a tipologia considerada (acima de 10 pavimentos) é 65,69%. O calculo será $Y=65,69.(0.15642)=10,27$ porem a verdadeira resposta do parâmetro é o quadrado de Y (Y^2), assim temos que $Y^2=10.27^2=105.47 \text{ kg/m}^3$. para o caso de necessidade de correção esta deve ser realizada no calculo de Y como mostra o calculo para índice de graute por área do pavimento tipo, a equação obtida foi $Y=A.(0.00002935)$, com o valor do índice de compactação médio para a tipologia considerada (acima de 10 pavimentos) é 82,29%. O calculo será $Y=82,29.100.(0.00002935)=0,24$ porem a verdadeira resposta do parâmetro é o quadrado de Y (Y^2), assim temos que $Y^2=0,24^2=0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

5. Desenvolvimento da pagina da internet

A arquitetura final do website foi realizada de acordo com a Figura 4, que esta distribuída da seguinte forma:

No topo em laranja estão os links para a pagina principal, formulário de comparação, sobre que são informações sobre o website e info que são informações complementares.

A lateral direita em vermelho estão às informações da estatística do projeto que consta com uma base de dados de 137 projetos, destes 107 possuem dados referente à arquitetura. Nesta área há um contador de quantos projetos serão incluídos futuramente na base de dados.

A lateral direita em roxo estão às informações de como funciona todo o website a fim de auxiliar o usuário a navegar pela pagina.

A parte central em verde esta uma apresentação deste trabalho realizado, a fim de fornecer uma idéia do que foi realizado durante o trabalho, finalizando no rodapé estão inseridos as instituições que apoiaram este trabalho, com links para o website de cada uma delas que são:

- Departamento de Engenharia Civil (DECiv <http://www.deciv.ufscar.br/>)
- Departamento de Estatística (DEs <http://www.ufscar.br/~des/>)
- Universidade Federal de São Carlos (UFSCar <http://www2.ufscar.br/home/index.php>)
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq <http://www.cnpq.br/>)
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP <http://www.fapesp.br/>)

O endereço para acesso a pagina é <http://www.deciv.ufscar.br/consalv/>

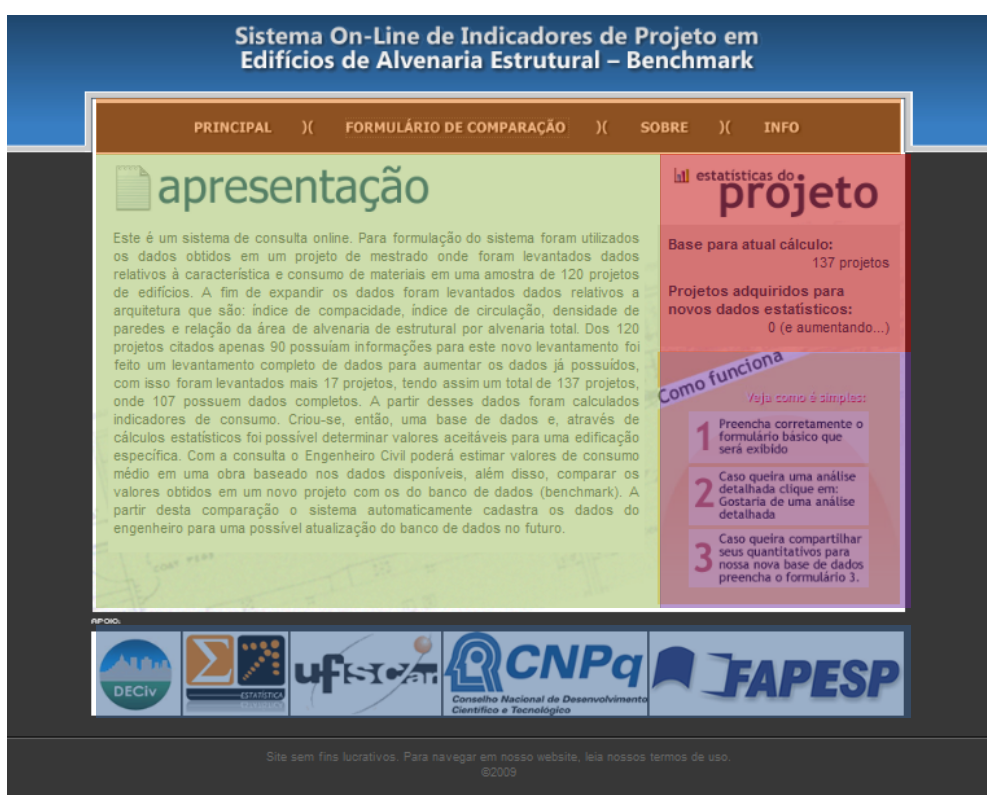


Figura 4: Pagina inicial

5.1. Apresentação da página formulário de comparação

Este capítulo desenvolve o conteúdo da pagina do formulário de comparação cujo link esta no topo na pagina inicial.

5.1.1. Preencher corretamente o formulário obrigatório que será exibido

A Figura 5 abaixo apresenta o formulário chamado de obrigatório pelo trabalho. Nele constam valores de entrada para:

- Área do pavimento tipo;
- Família de bloco;

- Número de andares;
 - Possuir pilotis.
- As possíveis respostas para este formulário estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18: Parâmetros e possíveis respostas do formulário obrigatório

Parâmetro	Possíveis respostas
Área do pavimento tipo	Valor informado em m ²
Família de bloco	30 cm e 40 cm
Numero de andares	De 2 até 40 andares exceto 6
Possuir Pilotis	Sim e Não

formulário para
comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

COMPARAR

Figura 5: Formulário obrigatório

Para o caso de se necessitar de uma ajuda para preencher o formulário ao lado direito de cada variável possui um pequeno ponto de interrogação dentro de um círculo em azul claro. Apenas posicionando o cursor do mouse em cima desses botões apareceria um quadrado com a respectiva ajuda. A Figura 6 apresenta um exemplo de ajuda do formulário.

formulário para
comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

COMPARAR

O valor de entrada deve ser em metros quadrados e separado por ponto ao invés de virgula. Este dado é de grande importância para a análise, pois na maioria dos cálculos posteriores ele é utilizado como por exemplo: Índice de circulação, Densidade de parede, Índice de compactidade.

Figura 6: Ajuda do formulário básico

Após preencher todo o formulário corretamente o botão **COMPARAR**, localizado abaixo do formulário, envia os dados preenchidos para a primeira análise.

5.1.2. Exemplo do formulário obrigatório preenchido

A Figura 7 abaixo apresenta um exemplo de utilização da etapa básica.

formulário para
comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

COMPARAR

Figura 7: Exemplo do formulário básico preenchido

Clicando no botão comparar os dados preenchidos para a primeira análise serão enviados e temos os resultados apresentados na Figura 8.

	Valor	CV	Equação
Área total	2250 m ²	9%	
Peso do Edifício	26325 kN	9%	
Fundação em tubulão	35 tubulões	27%	
Índice de cargas por tubulão	959 kN/un	15%	
Fundação em estacas	65 estacas	24%	
Índice de cargas por estaca	571 kN/un	12%	

Vigas Baldrame

	Valor	CV	Equação
Espessura média	0,050m ³ /m ²	53%	-
Volume de concreto em viga	12.5 m ³	-	
Aço em viga	1375 kg	45%	

Pilotis

Espessura média

	Valor	CV	Equação
Viga	0,11m ³ /m ²	24%	-
Pilar	0,04m ³ /m ²	35%	-
Laje	0,08m ³ /m ²	18%	-

Figura 8: Resultados da análise básica

Volume de concreto

	Valor	CV	Equação
Viga	27,50m ³	-	
Pilar	10,00m ³	-	
Laje	20,00m ³	-	
Total	57,50m ³	-	

Área de forma

	Valor	CV	Equação
Viga	275m ²	23%	
Pilar	125m ²	22%	
Laje	250m ²	12%	
Total	650m ²	-	

Consumo de Aço

	Valor	CV	Equação
Viga	3850kg	47%	
Pilar	3600kg	30%	
Laje	1500kg	35%	
Total	8950kg	-	

Alvenaria Estrutural

Taxa de aço total × Volume de concreto total

$$\text{Taxa de aço total} = 150 \text{ Kg/m}^3$$

	Valor	CV	Equação
Área de alvenaria	475m ² /pavimento	36%	
Volume de graute (horizontal + vertical)	8m ³ /pavimento	47%	
Consumo de aço	350kg/pavimento	36%	

Observações:

¹CV = Coeficiente de variação

²Carga média utilizada no cálculo do Índice de Cargas por Estacas = 63,40

³Carga média utilizada no cálculo do Índice de Cargas por Tubulão = 106,53

⁴Adicionou-se +1 andar para o cálculo da área total pois possui pilotis

3ostaria de preencher nosso formulário intermediário?

Sim, gostaria

Não, obrigado

Figura 9: Continuação de resultados da análise básica

Esta primeira análise é feita a partir de um levantamento de dados médios da amostra utilizada. Com algumas relações é possível se obter os índices fornecidos, tais relações são fornecidas posicionando-se o cursor do mouse em cima dos pequenos livros, localizados na coluna chamada de equações, como mostra a Figura 9 acima no índice consumo de aço total.

A Figura 10 abaixo apresenta um quadro de observações da análise básica, nele consta a legenda do coeficiente de variação (CV), consta as cargas médias utilizadas para o índice de carga em estacas/tubulão, esta carga média varia de acordo com a tipologia escolhida no formulário obrigatório por fim fornece a informação que quando escolhido a opção sim em pilotis será adicionado um pavimento a mais no calculo dos indicadores.

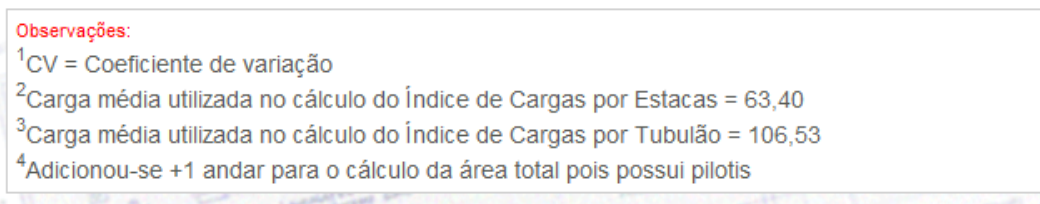


Figura 10: Observações

Para preencher o formulário intermediário deve-se clicar no botão Sim, gostaria apresentado na Figura 11, caso contrario clique em Não, obrigado será direcionado para a pagina inicial.

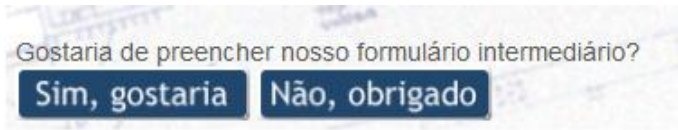


Figura 11: Botões para prosseguir ou retornar

5.1.3. Observações do formulário básico

A Figura 12, apresenta um detalhe do formulário básico que é a resposta do campo pilotis. Como na base de dados deste trabalho não havia nenhuma edificação com pilotis até 5 pavimentos ao escolher alguma destas tipologias o campo pilotis será sempre não.



Figura 12: Detalhe da resposta pilotis no formulário básico

5.1.4. Preencher corretamente o formulário intermediário que será exibido

A Figura 13 abaixo apresenta o formulário chamado de intermediário pelo trabalho. Nele constam valores de entrada para:

- Área do pavimento tipo;
- Família de bloco;
- Número de andares;
- Possuir pilotis;
- Perímetro externo do pavimento tipo
- Área de alvenaria estrutural;
- Área de alvenaria de vedação;
- Área de circulação;

- Somatório das áreas dos cômodos (excluindo áreas de paredes);
 - Grautes verticais em TODOS os encontros de parede;
 - Presença de cinta;
 - Tipo de fundação.
- As possíveis respostas para este formulário estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19: Parâmetros e possíveis respostas do formulário intermediário

Parâmetro	Possíveis respostas
Área do pavimento tipo	Valor informado em m ²
Família de bloco	30 cm e 40 cm
Numero de andares	De 2 até 40 andares exceto 6
Possuir Pilotis	Sim e Não
Perímetro externo do pavimento tipo	Valor informado em m
Área de alvenaria estrutural	Valor informado em m ²
Área de alvenaria de vedação	Valor informado em m ²
Área de circulação	Valor informado em m ²
Somatório das áreas dos cômodos (excluindo áreas de paredes)	Valor informado em m ²
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	Sim e Não
Presença de cinta	Meia altura paredes externas ou Meia altura paredes externas e internas
Tipo de fundação	Estaca ou tubulão

formulário para comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodos (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

COMPARAR

Figura 13: Formulário intermediário

Para o caso de se necessitar de uma ajuda para preencher o formulário ao lado direito de cada variável possui um pequeno ponto de interrogação dentro de um círculo em azul claro. Apenas posicionando o cursor do mouse em cima desses botões aparecera um quadrado com a respectiva ajuda. A Figura 14 apresenta um exemplo de ajuda do formulário.

formulário para comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodos (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

PARAR

Tipo de cinta de amarração deve-se escolher entre cinta meia altura-paredes externas e cinta meia altura-paredes externas e internas. Este campo tem muita importância para a análise posterior para que sejam fornecidos os dados coerentes com a edificação em análise.

Figura 14: Ajuda do formulário intermediário

5.1.5. Exemplo do formulário intermediário preenchido

A Figura 15 abaixo apresenta um exemplo de utilização da etapa intermediária.

formulário para comparação de dados

Área do pavimento tipo	<input type="text" value="78.2"/> m ²
Família de bloco	<input type="text" value="30"/>
Possui pilotis	<input type="text" value="não"/>
Número de andares	<input type="text" value="2"/>
Perímetro Externo do pavimento tipo	<input type="text" value="42.55"/> m
Área de alvenaria estrutural	<input type="text" value="147.55"/> m ²
Área de alvenaria de vedação	<input type="text" value="3.38"/> m ²
Área de circulação	<input type="text" value="0"/> m ²
Somatório Área dos comodos (excluindo área de paredes)	<input type="text" value="67.43"/> m ²
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	<input type="text" value="sim"/>
Presença de Cinta	<input type="text" value="Meia altura-paredes externas"/>
Tipo de fundação	<input type="text" value="Estaca"/>

COMPARAR

Figura 15: Exemplo do formulário intermediário

Clicando no botão comparar os dados preenchidos para a primeira análise serão enviados e temos os resultados apresentados na Figura 16.

Índices

	Valor	Equação
Índice de Compacidade	73,67 %	
Densidade de Paredes	13,77 %	
Índice de Circulação	0,00 %	
Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total	97,76 %	
Cinta meia altura - paredes externas	1	
Cinta meia altura - paredes externas e internas	0	
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	1	
Fundação tipo estaca	1	

Figura 16: Resultado da análise intermediária

	Valor	CV	R ²
Índice de Cargas por Estacas	50,02 kN/un	6,75602	0,9961
Índice de cargas por área total do edifício	15,09 kN/m ²	10,06596	0,992
Área de Influência de Estacas	2,56 m ² /un	19,48829	0,9656
Aço por Volume de Concreto em Viga Baldrame	278,37 kg/m ³	5,65941	0,9974
Espessura Média em Viga Baldrame	0,06 m ³ /m ²	8,36041	0,994
Taxa de Aço em Alvenaria por área do Pavimento Tipo	2,19 kg/m ²	29,72461	0,9336
Espessura média da laje do pav. tipo	0,08 m ³ /m ²	0	0
Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	65,44 kg/m ³	17,41060	0,9724
Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav. tipo	3,79 m ² /m ²	27,3818	0,935
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav. tipo	0,05 m ² /m ²	28,69377	0,9443
Índice de graute por área do pav. tipo	0,05 m ³ /m ²	18,88022	0,9677
Índice de Blocos Inteiros por área do Pav. Tipo	21,33 un/m ²	7,71794	0,9949
Índice de meio-bloco por área do pav. tipo	2,79 un/m ²	27,41739	0,9344
Índice de bloco especial por área do pav. tipo	9,92 un/m ²	23,53322	0,9645
Índice de bloco canaleta por área do pav. tipo	7,81 un/m ²	10,24711	0,9913
Índice de bloco meia-canaleta por área do pav. tipo	0,56 un/m ²	18,86607	0,9729

Observações:

¹CV = Coeficiente de variação

Estamos coletando dados para um novo levantamento. Gostaria de contribuir preenchendo nosso formulário completo?

Figura 17: Continuação de resultado da análise intermediária

Esta segunda análise é feita a partir do estudo estatístico detalhado neste trabalho, onde através de regressões múltiplas foram encontradas relações dos indicadores com as variáveis adotadas. A Figura 17 apresenta os índices de arquitetura calculados a partir dos dados fornecidos no formulário, também apresenta as presenças e ausências de elementos como, por exemplo, grautes em todos encontros de paredes. Posicionando-se o cursor do mouse em cima dos pequenos livros, localizados na coluna chamada de equação é fornecida a relação utilizada para o cálculo dos indicadores ou a legenda de presença e ausência, como mostra a Figura 17 acima no tipo de fundação.

A Figura 18 abaixo apresenta um quadro de observações da análise intermediária, nele consta a legenda do coeficiente de variação (CV), também fornece a informação que quando escolhido a opção sim em pilotis será adicionado um pavimento a mais no cálculo dos indicadores.

Observações:

¹CV = Coeficiente de variação

²Adicionou-se +1 andar para o cálculo da área total pois possui pilotis

Figura 18: Observações

Para preencher o formulário intermediário deve-se clicar no botão Sim, gostaria apresentado na Figura 19, caso contrario clique em Não, obrigado será direcionado para a pagina inicial.

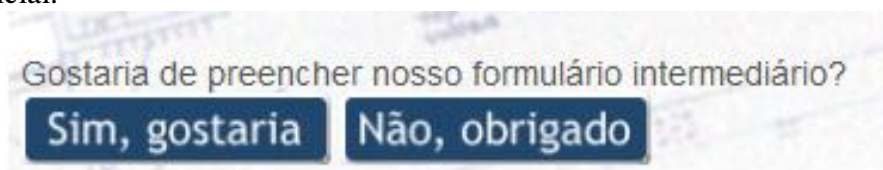


Figura 19: Botões para prosseguir ou retornar

5.1.6. Observações do formulário intermediário

A Figura 20, apresenta um detalhe do formulário intermediário que é a resposta do campo pilotis, presença de cinta e tipo de fundação. Como na base de dados deste trabalho não havia nenhuma edificação com pilotis, com cintas externas e internas e com fundação do tipo tubulão abaixo de 5 pavimentos ao escolher alguma dessas tipologias os campos serão respectivamente: não, meia altura paredes externas e estaca.

Figura 20: Detalhe do formulário intermediário

Para o caso de não preenchimento do formulário intermediário como mostra a Figura 21 o sistema ira utilizar valores médios para:

- Índice de compactidade;
- Densidade de parede;
- Índice de circulação;
- Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total.

A partir destes dados médios será realizada a análise intermediaria.

formulário para
comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodoss (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

COMPARAR

Figura 21: Detalhe de não preenchimento do formulário intermediário

Para o caso de preenchimento incompleto do formulário intermediário como mostra a Figura 22 o sistema ira utilizar valores médios para os parâmetros que não possuem valores que completem as suas respectivas formulas. A Figura 23 apresenta os resultados do formulário intermediário parcialmente preenchido os valores de, índice de compactidade; densidade de parede e índice de circulação foram utilizados da média enquanto a relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total foi calculada a partir dos dados fornecidos, valor médio 90,00% valor encontrado 90,91%.

formulário para
comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodoss (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

COMPARAR

Figura 22: Detalhe de preenchimento incompleto do formulário intermediário

Índices

	Valor	Equação
Índice de Compacidade	82,29 %	
Densidade de Paredes	9,13 %	
Índice de Circulação	0,00 %	
Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total	90,91 %	
Cinta meia altura - paredes externas	0	
Cinta meia altura - paredes externas e internas	1	
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	1	
Fundação tipo estaca	1	

	Valor	CV	R ²
Índice de cargas por área total do edifício	10,59 kN/m ²	10,06596	0,992
Aço por Volume de Concreto em Viga Baldrame	202,49 kg/m ³	5,65941	0,9974
Espessura Média em Viga Baldrame	0,05 m ³ /m ²	8,36041	0,994
Taxa de Aço em Alvenaria por área do Pavimento Tipo	2,01 kg/m ²	29,72461	0,9336
Espessura média da laje do pav. tipo	0,08 m ³ /m ²	0	0
Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	70,80 kg/m ³	26,56792	0,9436
Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav. tipo	1,80 m ² /m ²	27,3818	0,935
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav. tipo	0,14 m ² /m ²	28,69377	0,9443
Índice de graute por área do pav. tipo	0,06 m ³ /m ²	18,88022	0,9677
Índice de Blocos Inteiros por área do Pav. Tipo	28,36 un/m ²	7,71794	0,9949
Índice de meio-bloco por área do pav. tipo	3,12 un/m ²	27,41739	0,9344
Índice de bloco especial por área do pav. tipo	10,55 un/m ²	23,53322	0,9645
Índice de bloco canaleta por área do pav. tipo	10,24 un/m ²	10,24711	0,9913
Índice de bloco meia-canaleta por área do pav. tipo	0,78 un/m ²	18,86607	0,9729

Figura 23: Resultados do formulário intermediário parcialmente preenchido

5.1.7. Preencher corretamente o formulário avançado que será exibido

A Figura 24 abaixo apresenta o formulário chamado de avançado pelo trabalho, nele constam valores de entrada para:

- Somatória de reações na estaca;
- Número de estacas;
- Área total do edifício;
- Área do pavimento sobre fundação;
- Consumo de aço em viga baldrame;
- Volume de viga baldrame;
- Volume das vigas de fundação;

- Consumo aço em pilar do pilotis;
- Volume de concreto do pilar do pilotis;
- Consumo de aço em viga do pilotis;
- Volume de concreto da viga do pilotis;
- Consumo de aço em laje do pilotis;
- Volume de concreto da laje do pilotis;
- Área de forma da viga;
- Área de forma do pilar;
- Área de forma da laje;
- Área pavimento pilotis;
- Consumo de aço em paredes do pavimento tipo;
- Consumo de aço em lajes do pavimento tipo;
- Área pavimento tipo;
- Perímetro de paredes estruturais;
- Perímetro de paredes não estruturais;
- Pé direito;
- Volume de graute vertical;
- Volume de graute horizontal da cinta de respaldo;
- Volume de graute horizontal na cinta meia altura;
- Número de blocos inteiros;
- Número de meio-bloco;
- Número de blocos especiais;
- Número de bloco canaleta;
- Número de bloco meia-canaleta.
- Somatória de reações no tubulão;
- Número de tubulão.

A Figura 24 além de apresentar a ajuda para preencher o formulário ao lado direito de cada variável, possui também um campo acima do formulário chamado de contato onde o usuário tem a opção de preencher os seguintes campos:

- Nome completo;
- Cidade;
- Nome do edifício;
- Email.

As possíveis respostas para este formulário estão apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20: Parâmetros e possíveis respostas do formulário avançado

Parâmetro	Possíveis respostas
Somatória de reações na estaca	Valor informado em kN
Número de estacas	Valor informado em un
Área total do edifício	Valor informado em m ²
Área do pavimento sobre fundação	Valor informado em m ²
Consumo de aço em viga baldrame	Valor informado em kg
Volume de viga baldrame	Valor informado em m ³
Volume das vigas de fundação	Valor informado em m ³
Consumo aço em pilar do pilotis	Valor informado em m ³
Volume de concreto do pilar do pilotis	Valor informado em kg

Consumo de aço em viga do pilotis	Valor informado em m ³
Volume de concreto da viga do pilotis	Valor informado em m ³
Consumo de aço em laje do pilotis	Valor informado em kg
Volume de concreto da laje do pilotis	Valor informado em m ³
Área de forma da viga	Valor informado em m ²
Área de forma da pilar	Valor informado em m ²
Área de forma da laje	Valor informado em m ²
Área pavimento pilotis	Valor informado em m ²
Consumo de aço em paredes do pavimento tipo	Valor informado em kg
Consumo de aço em lajes do pavimento tipo	Valor informado em kg
Área pavimento tipo	Valor informado em m ²
Perímetro de paredes estruturais	Valor informado em m
Perímetro de paredes não estruturais	Valor informado em m
Pé direito	Valor informado em m
Volume de Graute vertical	Valor informado em m ³
Volume de Graute horizontal da cinta de respaldo	Valor informado em m ³
Volume de Graute horizontal na cinta meia altura	Valor informado em m ³
Número de blocos inteiros	Valor informado em un
Número de meio-bloco	Valor informado em un
Número de blocos especiais	Valor informado em un
Número de bloco canaleta	Valor informado em un
Número de bloco meia-canaleta	Valor informado em un
Número de estacas	Valor informado em un
Somatória de reações na estaca	Valor informado em kN

✉ informações para **contato**

Nome completo

Cidade

Nome do Edifício

E-mail

📄 formulário para **comparação de dados**

Somatória de reações nas estacas kN

Número de estacas un

Área total do edifício m²

Área do pavimento Sobre Fundação m²

Consumo de aço em viga baldrame kg

Espessura da laje do pavimento tipo m

Volume de viga baldrame m³

Figura 24: Formulário avançado

Consumo aço em pilar do pilotis ?	<input type="text"/>	kg
Volume de concreto do pilar do pilotis ?	<input type="text"/>	m ³
Consumo de aço em viga do pilotis ?	<input type="text"/>	kg
Volume de concreto da viga do pilotis ?	<input type="text"/>	m ³
Consumo de aço em laje do pilotis ?	<input type="text"/>	kg
Volume de concreto da laje do pilotis ?	<input type="text"/>	m ³
Área de forma da viga do pilotis ?	<input type="text"/>	m ²
Área de forma dos pilares do pilotis ?	<input type="text"/>	m ²
Área de forma da laje do pilotis ?	<input type="text"/>	m ²
Área do pavimento pilotis ?	<input type="text"/>	m ²
Consumo de aço em paredes do pavimento tipo ?	<input type="text"/>	kg
Consumo de aço em lajes do pavimento tipo ?	<input type="text"/>	kg
Área pavimento tipo ?	<input type="text"/>	m ²
Perímetro de paredes não estruturais ?	<input type="text"/>	m
Perímetro de paredes estruturais ?	<input type="text"/>	m
Pé direito ?	<input type="text"/>	m
Volume de Graute vertical ?	<input type="text"/>	m ³
Volume de Graute horizontal da cinta de respaldo ?	<input type="text"/>	m ³
Volume de graute horizontal na cinta meia altura ?	<input type="text"/>	m ³
Número de blocos inteiros ?	<input type="text"/>	un
Número de meio-bloco ?	<input type="text"/>	un
Número de blocos especiais ?	<input type="text"/>	un
Número de bloco canaleta ?	<input type="text"/>	un
Número de bloco meia-canaleta ?	<input type="text"/>	un
Número de tubulões ?	<input type="text"/>	un
Somatória de reações nos tubulões ?	<input type="text"/>	kN

O valor de entrada para o volume de concreto da laje do pilotis deve ser em metros cúbicos (m³) e separados por ponto ao invés de vírgula. Este campo é utilizado para o cálculo do índice taxa de aço em laje, que será incluído na base de dados.

Calcular Índices

Observações:
¹ Nesta etapa do formulário o preenchimento de **TODOS** os dados referentes à sua edificação serão obrigatórios.
² O preenchimento do formulário de contato não é obrigatório.

Figura 25: Continuação do formulário avançado

É importante ressaltar que nesse formulário todos os dados referentes à edificação em questão devem ser preenchidos. Os campos referentes a pilotis irão aparecer mediante a resposta dada no formulário intermediário, onde se escolheu Sim ou não, o mesmo vale para os campos relativos à fundação, que irá aparecer o campo de acordo com o preenchido no formulário intermediário, onde se escolheu estacas ou tubulão. O quadro no final do formulário avançado reforça o aviso que todos os campos devem ser preenchidos.

5.1.8. Exemplo do formulário avançado preenchido

A Figura 26 abaixo apresenta um exemplo de utilização da etapa avançada.

 informações para

contato

Nome completo

Cidade

Nome do Edifício

E-mail

 formulário para

comparação de dados

Somatória de reações nas estacas 	<input type="text" value="49405"/>	kN
Número de estacas 	<input type="text" value="96"/>	un
Área total do edifício 	<input type="text" value="4577"/>	m ²
Área do pavimento sobre fundação 	<input type="text" value="352"/>	m ²
Consumo de aço em viga baldrame 	<input type="text" value="1792"/>	kg
Espessura da laje do pavimento tipo 	<input type="text" value="0.08"/>	m
Volume das vigas baldrame 	<input type="text" value="9.78"/>	m ³
Consumo aço em pilar do pilotis 	<input type="text" value="5519"/>	kg
Volume de concreto do pilar do pilotis 	<input type="text" value="13.5"/>	m ³
Consumo de aço em viga do pilotis 	<input type="text" value="5657"/>	kg
Volume de concreto da viga do pilotis 	<input type="text" value="54"/>	m ³
Consumo de aço em laje do pilotis 	<input type="text" value="1156"/>	kg
Volume de concreto da laje do pilotis 	<input type="text" value="31.8"/>	m ³
Área de forma da viga do pilotis 	<input type="text" value="406.2"/>	m ²
Área de forma dos pilares do pilotis 	<input type="text" value="184.6"/>	m ²
Área de forma da laje do pilotis 	<input type="text" value="326.5"/>	m ²
Área do pavimento pilotis 	<input type="text" value="325"/>	m ²
Consumo de aço em paredes do pavimento tipo 	<input type="text" value="409.5"/>	kg
Consumo de aço em lajes do pavimento tipo 	<input type="text" value="950.9"/>	kg
Área pavimento tipo 	<input type="text" value="325"/>	m ²
Perímetro de paredes não estruturais 	<input type="text" value="7.2"/>	m
Perímetro de paredes estruturais 	<input type="text" value="223.6"/>	m
Pé direito 	<input type="text" value="2.6"/>	m
Volume de Graute vertical 	<input type="text" value="2.78"/>	m ³

Figura 26: Exemplo do formulário avançado

Volume de Graute horizontal da cinta de respaldo ?	<input type="text" value="3.62"/>	m ³
Volume de graute horizontal na cinta meia altura ?	<input type="text" value="1.85"/>	m ³
Número de blocos inteiros ?	<input type="text" value="6061"/>	un
Número de meio-bloco ?	<input type="text" value="708"/>	un
Número de blocos especiais ?	<input type="text" value="276"/>	un
Número de bloco canaleta ?	<input type="text" value="1012"/>	un
Número de bloco meia-canaleta ?	<input type="text" value="156"/>	un

Calcular Índices

Observações:

¹Nesta etapa do formulário o preenchimento de **TODOS** os dados referentes à sua edificação serão obrigatórios.

²O preenchimento do formulário de contato não é obrigatório.

Figura 27: Continuação de exemplo do formulário avançado

Esta etapa chamada de avançada calcula os indicadores considerados neste trabalho, que posteriormente serão incluídos na base de dados para uma nova análise estatística expandindo assim o banco de dados, ao clicar em calcular índices automaticamente será gravado um arquivo em texto com os índices. Este calculo esta apresentado na Figura 28. Com algumas relações é possível se obter os indicadores considerados neste trabalho, tais relações são fornecidas posicionando-se o cursor do mouse em cima dos pequenos livros, localizados na coluna chamada de equações, como mostra a Figura 28 abaixo.

	Valor	Equação
Índice de cargas por estaca	514,64 kN/un	
Área de influência de estaca	3,67 m ² /un	
Índice de cargas por área total do edifício	10,79 kN/m ²	
Taxa de aço por volume de concreto em viga baldrame	183,23 kg/m ³	
Espessura média de viga baldrame	0,03 m ³ /m ²	
Taxa de aço em pilar do pilotis	408,81 kg/m ³	
Taxa de aço em viga do pilotis	104,76 kg/m ³	
Taxa de aço em laje do pilotis	36,35 kg/m ³	

Figura 28: Resultados do formulário avançado e equação

Índice de forma em pilar do pilotis	0,57 m ² /m ²	
Índice de forma em viga do pilotis	1,25 m ² /m ²	
Índice de forma em laje do pilotis	1,00 m ² /m ²	
Taxa de aço em alvenaria por área do pav. tipo	1,26 kg/m ²	
Taxa de aço em laje do pavimento tipo por volume de concreto	36,57 kg/m ³	
Taxa de aço em laje do pavimento tipo por volume de concreto	36,57 kg/m ³	
Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.	1,79 m ² /m ²	
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav. tipo	0,06 m ² /m ²	
Índice de graute vertical por comprimento linear de alvenaria	0,01 m ³ /m	
Índice de graute em cinta de respaldo por área do pav. tipo	0,01 m ³ /m ²	
Índice de graute em cinta a meia altura por área do pav. tipo	0,01 m ³ /m ²	
Índice de graute horizontal por área do pav. tipo	0,02 m ³ /m ²	
Índice de graute vertical por área do pav. tipo	0,01 m ³ /m ²	
Índice de blocos inteiros por área do pav. tipo	18,65 un/m ²	
Índice de meio-bloco por área do pav. tipo	2,18 un/m ²	
Índice de bloco especial por área do pav. tipo	0,85 un/m ²	
Índice de bloco canaleta por área do pav. tipo	3,11 un/m ²	
Índice de meia-canaleta por área do pav. tipo	0,48 un/m ²	

$$\frac{\text{Número de meia canaleta}}{\text{Área do pavimento tipo}}$$

Obrigado pela sua contribuição. Esperamos que os dados tenham sido úteis.

Figura 29: Continuação de resultados do formulário avançado e equação

5.2. Apresentação da página sobre o website

Este capítulo apresenta o conteúdo da página sobre o website cujo link esta no topo na página inicial. Tal página esta apresentado na Figura 30, nela contem informações sobre os integrantes do trabalho que são:

- Ailton Soares Freire;
- Adriano Polpo;
- Teresa Cristina Martins Dias;
- Paulo Sérgio Borro Alcântara Júnior;
- Guilherme Martins Lopes;
- Ricardo Blanco;
- Guilherme Aris Parsekian.

Também nesta página estão informadas as instituições financiadoras que são:

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP);
- Conselho nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico;
- Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos;
- Departamento de Estatística – Universidade Federal de São Carlos.

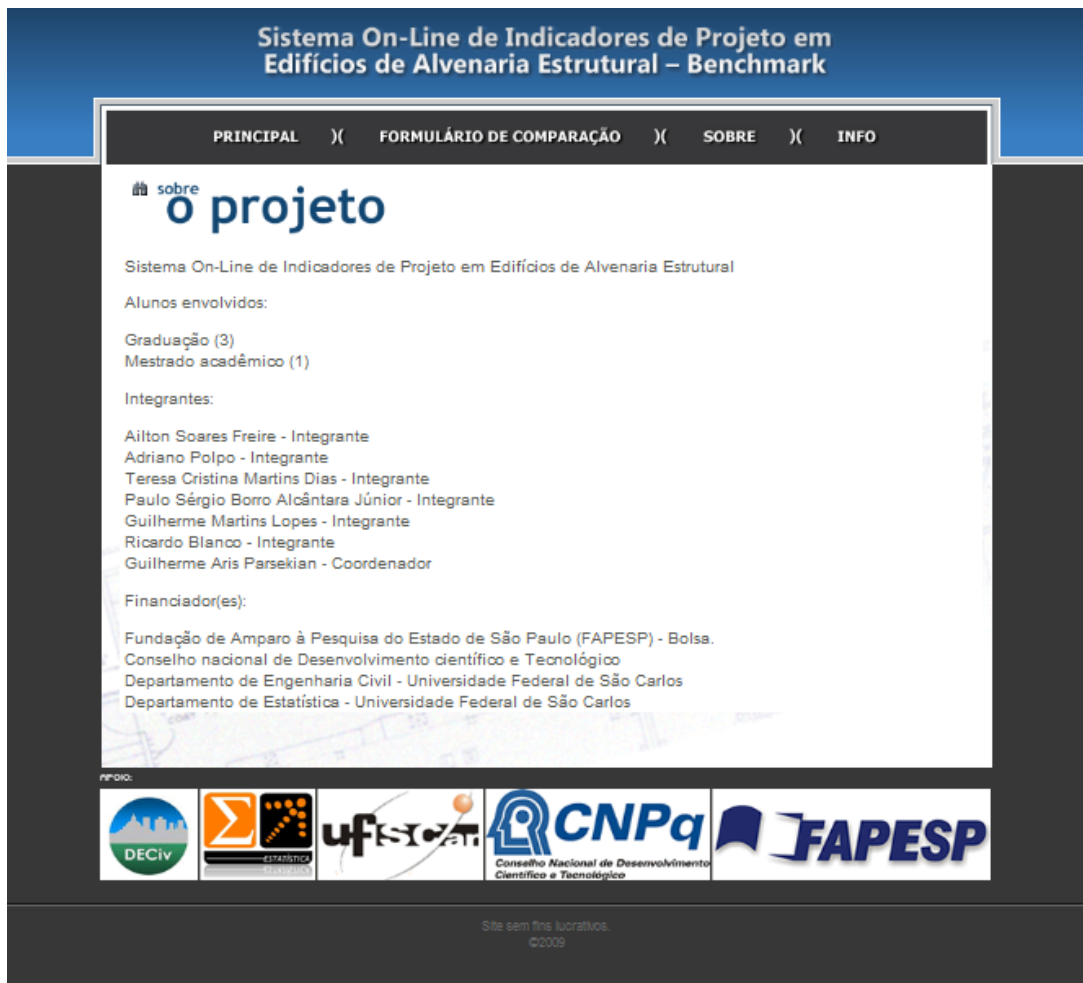


Figura 30: Pagina sobre o website

5.3. Apresentação da página info

Este capítulo desenvolve o conteúdo da pagina info cujo link esta no topo na pagina inicial. Tal pagina esta apresentado na Figura 31, nela contem informações adicionais ao trabalho que são:

- Indicadores de Projeto para Edifícios em Alvenaria Estrutural;
- Projeto Inicial - Sistema On-Line de Indicadores de Projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural Benchmark;
- Relatório 1 - Sistema On-Line de Indicadores de Projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural Benchmark;
- Relatório 2 - Sistema On-Line de Indicadores de Projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural Benchmark;
- Estimação de Indicadores de Projeto para Alvenaria Estrutural;
- Análise estatística preliminar dos dados.



Figura 31: Pagina info do website

6. Análise de resultados

Este capítulo apresentara algumas análises consideradas relevantes em cima dos resultados fornecidos pelo sistema. Todas as análises aqui feitas serão com base em valores médios, que é o caso de não preenchimento de nenhum campo do formulário intermediário como foi explicado no capítulo anterior.

A Figura 32 abaixo fornece um exemplo do formulário intermediário não preenchido, a família de blocos foi escolhida de 30 cm, sem pilotis o numero de pavimentos foi escolhido 8, possui grautes verticais em todos os encontros de parede, possui cinta altura paredes externas e internas e por fim fundação do tipo estacas.

formulário para comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodios (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

COMPARAR

Figura 32: Formulário intermediário para análise sem pilotis

Para comparar esses valores com um possível mesmo edifício foram utilizados os mesmo dados, porem com presença de pilotis, como mostra a Figura 33.

formulário para comparação de dados

Área do pavimento tipo m²

Família de bloco

Possui pilotis

Número de andares

Perímetro Externo do pavimento tipo m

Área de alvenaria estrutural m²

Área de alvenaria de vedação m²

Área de circulação m²

Somatório Área dos comodios (excluindo área de paredes) m²

Grautes verticais em TODOS encontros de parede

Presença de Cinta

Tipo de fundação

COMPARAR

Figura 33: Formulário intermediário para análise com pilotis

A Figura 34 foi retirada do sistema e nela apresenta o resultado referente a análise sem pilotis.

Índices

	Valor	Equação
Índice de Compacidade	62,62 %	
Densidade de Paredes	10,36 %	
Índice de Circulação	8,75 %	
Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total	93,52 %	
Cinta meia altura - paredes externas	0	
Cinta meia altura - paredes externas e internas	1	
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	1	
Fundação tipo estaca	1	

	Valor	CV	R ²
Índice de Cargas por Estacas	290,83 kN/un	7,97228	0,9944
Índice de cargas por área total do edifício	11,91 kN/m ²	3,73725	0,998
Área de Influência de Estacas	3,61 m ² /un	12,93627	0,9863
Aço por Volume de Concreto em Viga Baldrame	112,68 kg/m ³	4,61658	0,9981
Espessura Média em Viga Baldrame	0,04 m ³ /m ²	12,06215	0,9867
Taxa de Aço em Alvenaria por área do Pavimento Tipo	1,14 kg/m ²	13,36436	0,9849
Espessura média da laje do pav. tipo	0,08 m ³ /m ²	0	0
Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	38,65 kg/m ³	25,90681	0,9412

Figura 34: Resultado análise sem pilotis

Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav. tipo	1,27 m ² /m ²	23,30212	0,9604
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav. tipo	0,11 m ² /m ²	41,6875	0,8968
Índice de graute por área do pav. tipo	0,00 m ³ /m ²	21,95301	0,9838
Índice de Blocos Inteiros por área do Pav. Tipo	23,31 un/m ²	16,06050	0,9783
Índice de meio-bloco por área do pav. tipo	2,29 un/m ²	12,54634	0,9856
Índice de bloco especial por área do pav. tipo	0,87 un/m ²	16,68771	0,9782
Índice de bloco canaleta por área do pav. tipo	3,06 un/m ²	10,85612	0,9900
Índice de bloco meia-canaleta por área do pav. tipo	0,44 un/m ²	23,64247	0,9490

Figura 35: Continuação de resultado análise sem pilotis

A Figura 36 foi retirada do sistema e nela apresenta o resultado referente a análise com pilotis.

Índices

	Valor	Equação
Índice de Compacidade	65,97 %	
Densidade de Paredes	9,89 %	
Índice de Circulação	10,57 %	
Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total	94,42 %	
Cinta meia altura - paredes externas	0	
Cinta meia altura - paredes externas e internas	1	
Grautes verticais em TODOS encontros de parede	1	
Fundação tipo estaca	1	

	Valor	CV	R ²
Índice de Cargas por Estacas	489,97 kN/un	7,97228	0,9944
Índice de cargas por área total do edifício	11,81 kN/m ²	3,73725	0,998
Área de Influência de Estacas	4,82 m ² /un	12,93627	0,9863
Aço por Volume de Concreto em Viga Baldrame	287,00 kg/m ³	4,61658	0,9981
Espessura Média em Viga Baldrame	0,03 m ³ /m ²	12,06215	0,9867
Taxa de aço em pilar do pilotis	314,01 kg/m ³	15,03363	0,9795
Taxa de aço em viga do pilotis	248,66 kg/m ³	7,20088	0,9956
Taxa de aço em laje do pilotis	79,29 kg/m ³	6,84442	0,9958
Taxa de aço do pavimento pilotis	174,77 kg/m ³	10,89777	0,9892
Índice de forma em pilar do pilotis	0,56 m ² /m ²	12,27535	0,9859
Índice de forma em viga do pilotis	1,22 m ² /m ²	20,00583	0,9650
Índice de forma em laje do pilotis	1,03 m ² /m ²	4,58243	0,9985
Espessura média de pilar do pilotis	0,04 m ³ /m ²	13,02365	0,9860
Espessura média de viga do pilotis	0,11 m ³ /m ²	29,58417	0,9215
Espessura média de laje do pilotis	0,09 m ³ /m ²	12,55317	0,9866

Figura 36: Resultado análise com pilotis

Espessura média do pavimento pilotis	0,25 m ³ /m ²	18,0950	0,9700
Taxa de Aço em Alvenaria por área do Pavimento Tipo	1,08 kg/m ²	13,36436	0,9849
Espessura média da laje do pav. tipo	0,08 m ³ /m ²	0	0
Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	50,77 kg/m ³	25,90681	0,9412
Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav. tipo	1,48 m ² /m ²	23,30212	0,9604
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav. tipo	0,11 m ² /m ²	41,6875	0,8968
Índice de graute por área do pav. tipo	0,00 m ³ /m ²	21,95301	0,9838
Índice de Blocos Inteiros por área do Pav. Tipo	30,01 un/m ²	16,06050	0,9783
Índice de meio-bloco por área do pav. tipo	2,13 un/m ²	12,54634	0,9856
Índice de bloco especial por área do pav. tipo	1,83 un/m ²	16,68771	0,9782
Índice de bloco canaleta por área do pav. tipo	2,09 un/m ²	10,85612	0,9900
Índice de bloco meia-canaleta por área do pav. tipo	0,50 un/m ²	23,64247	0,9490

Figura 37: Continuação de resultado análise com pilotis

Nota-se nessa comparação realizada que o indicador índice de cargas por estacas no caso sem pilotis foi de 290,83 kN/un e no caso com pilotis foi de 489,97 kN/un, houve um acréscimo de carga por estaca, que se explica pelo aumento de um pavimento, pilotis, na edificação, conseqüentemente aumenta-se as cargas por estacas, o mesmo vale para o índice área de influencia de estacas que sem pilotis foi de 3,61 m²/un e no caso com pilotis foi de 4,82 m²/un.

Nota-se nessa comparação realizada que o indicador índice taxa de aço por volume de concreto em viga baldrame no caso sem pilotis foi de 112,68 kg/m³ e no caso com pilotis foi de 287,00 kg/m³, houve um acréscimo de carga por estaca, que se explica pelo aumento de um pavimento, pilotis, na edificação, com isso a necessidade de vigas baldrames mais resistentes, com um aumento de taxa de aço pode-se proporcionar mais resistência as vigas. O mesmo vale para taxa de aço em laje do pavimento tipo que para ausência de pilotis foi de 38,65 kg/m³ e para presença foi de 50,77 kg/m³.

O indicador índice taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo baldrame no caso sem pilotis foi de 1,14 kg/m² e no caso com pilotis foi de 1,08 kg/m², nota-se que não houve muita variação neste indicador, portanto este indicador não depende da presença ou ausência de pilotis em uma edificação. O mesmo vale para os indicadores índice de área de alvenaria estrutural por área do pavimento tipo e índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pavimento tipo que para ausência de pilotis tiveram valores respectivamente 1,27 m²/m² e 0,11 m²/m², para presença de pilotis foram de 1,48 m²/m² e 0,11 m²/m².

Os indicadores referentes a blocos por área do pavimento tipo nota-se que o pilotis não é uma variável que os influencia também a Tabela 21 abaixo apresenta os valores desses indicadores.

Tabela 21: Comparação de indicadores relacionados a blocos

Indicador	Ausência de pilotis	Presença de pilotis
Índice de Blocos Inteiros por área do Pavimento Tipo	23,31 un/m ²	30,01 un/m ²
Índice de meio-bloco por área do Pavimento Tipo	2,29 un/m ²	2,13 un/m ²
Índice de bloco especial por área do Pavimento Tipo	0,87 un/m ²	1,83 un/m ²
Índice de bloco canaleta por área do Pavimento Tipo	3,06 un/m ²	2,09 un/m ²
Índice de bloco meia-canaleta por área do Pavimento Tipo	0,44 un/m ²	0,50 un/m ²

A diferença nesses valores se dá pelos valores médios utilizados para o cálculo de todos os indicadores.

Nota-se que os resultados do exemplo acima estão próximos aos valores médios da amostra, assim como todas as tipologias os indicadores estão com os seus resultados próximos da média, para isso foi realizada uma análise de todos os resultados em todas as tipologias prováveis, a fim de encontrar possíveis parâmetros com valores discrepantes e refazer alguma equação se preciso fosse. As tipologias testadas foram:

- Sobrados bloco de 30 cm;
- Sobrados bloco de 40 cm;
- 3, 4 ou 5 pavimentos bloco de 30 cm;
- 3, 4 ou 5 pavimentos bloco de 40 cm;
- 7, 8 ou 9 pavimentos bloco de 30 cm;
- 7, 8 ou 9 pavimentos bloco de 40 cm;
- 7, 8 ou 9 pavimentos com pilotis bloco de 30 cm;
- 7, 8 ou 9 pavimentos com pilotis bloco de 40 cm;
- Acima de 10 pavimentos bloco de 30 cm;
- Acima de 10 pavimentos bloco de 40 cm;
- Acima de 10 pavimentos com pilotis bloco de 30 cm;
- Acima de 10 pavimentos com pilotis bloco de 40 cm.

Foram localizados alguns parâmetros com valores discrepantes a média e foram corrigidos a TABELA abaixo apresenta todos os parâmetros que necessitaram de uma correção.

Tabela 22: Parâmetros corrigidos

Tipologia	Parâmetro corrigido
Sobrados	Q21
3, 4 ou 5 Pavimentos	Q4, Q6, Q7, Q21 e Q23
7, 8 ou 9 Pavimentos	Q4, Q6, Q7, Q19, Q22, Q24, Q26, Q27 e Q28
Acima de 10 pavimentos	Q19, Q27 e Q28

7. Conclusões

Os resultados deste trabalho permitem dizer que:

- Foi obtida uma excelente ferramenta para engenheiros projetistas de edifícios em alvenaria estrutural, por fornecer uma base de indicadores coerentes com a

- média utilizada, com isso é possível se ter uma idéia dos quantitativos do projeto em questão podendo otimizá-los se necessário;
- Com a futura complementação de dados inseridos no formulário avançado pode-se melhorar ainda mais a análise intermediária, Analise esta que depende do estudo estatístico realizado;
 - O fato do sistema de indicadores estar disponível na internet o acesso ao mesmo será muito fácil, rápido e pratico;
 - Da análise estatística realizada concluimos que o método utilizado (regressão linear múltipla), foi adequado ao trabalho já que as equações obtidas foram muito coerentes com a média e em todo o processo não houve nenhum problema de determinação.

8. Referencias

As referencias citadas abaixo foram analisadas no primeiro relatório deste trabalho.

ANDRADE, V. A.; ARAUJO, J. L. S.; HEINECK, L. F.; Aspectos geométricos e indicadores de qualidade para casas de classe média. In: Encontro Nacional de Engenharia a Produção, 16º, 1996, Piracicaba, SP. Artigo Técnico... Florianópolis: Universidade Federal e Santa Catarina - UFSC/Programa de pós-graduação em engenharia de produção e sistemas, 996, p. 1-9. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/>. Acesso em: 04/01/2009.

LOSSO, I. R. Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso em uma empresa de construção. 1995. 177 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, 1995.

MASCARÓ, J. L. O Custo das Decisões Arquitetônicas São Paulo, Nobel, 1985.

BRASILEIRO, T. S. Indicadores de Qualidade de Projeto. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, 2007. 29 p. Trabalho de conclusão de curso

ESTEFANI, C.; SPOSTO R. M. Indicadores da Qualidade em Projeto: Estudo de Caso de Edifícios Habitacionais em Brasília, DF. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2º, 2002, Porto Alegre, RS. Artigo

Técnico... Brasília: Universidade de Brasília, 2002, p 1- 6. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/>. Acesso em: 04/01/2009.

NORIE: Núcleo Orientado Para a Inovação da Edificação. Disponível em: < http://www6.ufrgs.br/norie/indicadores/frame_lista1.htm>. Acesso em: 08/01/2009.

RAMOS, A. C. R.; CARDOSO, B. N. Modelo de Análise Preliminar de Desempenho do Projeto Arquitetônico e sua Influência na Viabilidade Econômica do Empreendimento. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2003. 43 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C.T. Sistema de indicadores de qualidade e produtividade da construção civil. Manual de Utilização. 2a Ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1997.

JOHNSON, R. A.; WICHEN, D. W. Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice Hall, New Jersey, 5th edition, 2002.

HAIR Jr., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C., Análise Multivariada de Dados, Bookman, Porto Alegre, 5ª edição, 2005.

NETER, J.; WASSERTMAN, W., Applied Linear Statistical Models, Richard D. Irwin, Homewood Il, 1974.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A., Estatística Básica, Editora Saraiva, 5ª edição, 2002.

The R Project for Statistical Computing. Disponível em < <http://www.r-project.org/>>. Acesso em 05/01/2009.

PHP. Disponível em < <http://www.php.net/>> . Acesso em 05/01/2009.

SAS Superiors softwares that gives you the Power to know. Disponível em < <http://www.sas.com/technologies/analytics/statistics/stat/>> . Acesso em 05/01/2009

Notepad++. About Notepad++. Disponível em: <<http://notepad-plus.sourceforge.net/br/site.htm>>. Acesso 08/01/2009

Server, MySQL Community. MySQL. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/>>. Acesso 08/01/2009

Foundation, Apache Software. Apache. Disponível em: <<http://www.apache.org>>. Acesso 08/01/2009

9. Apêndice

9.1. Resumo submetido a congresso de iniciação científica

SISTEMA ON-LINE PARA BENCHMARK DE PROJETOS DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Alcântara Júnior, P. S. B.¹ (IC); Lopes, G.M.¹ (C); Parsekian, G.A.¹(O)
juninhuhp@yahoo.com.br

¹*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.*

Para o planejamento de uma obra é essencial que o coordenador do projeto tenha clara idéia sobre consumos de materiais esperados. Com essa informação é possível estimar o custo do empreendimento e tomar a decisão de optar-se ou não por determinado sistema construtivo. Além disso, tanto o gestor quanto o profissional que elabora o projeto pode usar os valores médios como benchmark do seu projeto em elaboração. Resultados muito discrepantes na comparação simples de resultados podem indicar erros de projeto ou opções de concepção incorretas, merecendo uma análise mais detalhada e dupla checagem. Assim, assume importância o levantamento de indicadores de projeto que caracterizem o consumo médio de materiais em edificações em alvenaria estrutural. De posse dessa informação, o engenheiro orçamentista pode estimar com bom grau de precisão o custo de uma obra a partir de alguns poucos dados iniciais, assim como o engenheiro projetista pode parametrizar o seu projeto identificando eventuais erros de projeto ou de concepção através da comparação simples dos índices obtidos em um projeto específico com índices médios. Pensando nisso, o programa de Pós Graduação em Construção Civil da UFSCar trabalhou na obtenção de novas informações/dados a fim de criar uma ferramenta online de consulta, caracterizada como Benchmark (comparação de dados de projetos), para os profissionais da área. Foram analisados 120 projetos e, a partir de suas respectivas características, estabeleceram-se relações entre elas (através de estudos estatísticos). Desta forma, permite-se a comparação de dados de um determinado projeto com a atual base de dados de forma mais precisa. Para uma maior abrangência das informações colhidas e trabalhadas e, também, para uma maior cooperação à área de alvenaria estrutural, todos os comparativos são disponibilizados em um sistema online através do preenchimento de um simples formulário. O profissional que possuir interesse em analisar os dados de seu projeto deve inserir os dados do mesmo no formulário de comparação e clicar em comparar. Todas as análises realizadas durante o trabalho aqui descrito são aplicadas aos valores inseridos pelo projetista sendo, essas, distribuídas entre: básicas, médias ou detalhadas. Ao preencher o formulário detalhado, os dados do projetista são eventualmente armazenados no banco de dados permitindo a criação de um sistema mais completo e com maior número de projetos. O sistema foi criado na linguagem de programação PHP, utilizando banco de dados MySQL, ambos de código aberto e muito utilizados atualmente. A importância de um projeto como este para a alvenaria estrutural é enorme, contribuindo para melhoria técnica da área.

PUICT

9.2. Resumo submetido a congresso de iniciação científica

INDICADORES GEOMÉTRICOS DA ARQUITETURA DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Lopes, G.M.¹(IC); Alcântara Junior, P. S. B. ²(C); Parsekian, G.A.³(O)

gui.lopes5@yahoo.com.br

¹*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos;*

²*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos;*

³*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.*

A existência de poucos indicadores de projeto disponíveis, com relação a edifícios em alvenaria estrutural, levou o programa de Pós Graduação em Construção Civil da UFSCar a desenvolver um trabalho para levantamento e análise de novas informações. Nessa segunda etapa do trabalho foi realizada a complementação de uma série de dados colhidos em uma primeira etapa onde foram levantados dados sobre consumo de materiais especificados em projeto. Foram incluídos dados relativos à geometria dos edifícios necessários para calcular alguns parâmetros de arquitetura. Foram analisados 90 projetos de edifícios. A partir desses dados foi possível calcular os parâmetros da arquitetura considerados mais relevantes: índice de compacidade, índice de circulação, área do pavimento tipo, relação área de alvenaria estrutural pela área total de alvenaria, densidade de paredes. As amostras foram organizadas em diferentes grupos, considerando o total dos casos ou em grupos distintos de acordo com o número de pavimentos, presença ou não de pilotis, família de modulação dos blocos estruturais. Os resultados, obtidos para os índices divididos nos grupos citados e dispostos em gráficos para classificação de acordo com valores considerados ótimo, bom e ruim, obtidos na bibliografia. Para o caso do indicador índice de compacidade nos sobrados o valor médio se localiza no intervalo considerado ótimo (maior que 70%). Com isso os sobrados possuem índice de compacidade tendendo ao ideal. Para o mesmo indicador, para a tipologia 3, 4 e 5 pavimentos, o índice de compacidade encontrado está em 56,12%, no intervalo considerado ruim (menor que 60%). As demais tipologias analisadas neste trabalho encontram-se no intervalo considerado bom (entre 60% e 70%). Para densidade de parede nota-se uma pequena variação e no geral o valor médio se encontra no intervalo considerado bom (menor que 15%). Portanto o grau de compartimentação nessa amostra é bom, levando a uma grande área útil nas edificações. Para o índice de circulação há uma variação considerável, em geral os valores médios encontrados são considerados ruim (maior que 9%). Este indicador poderia talvez ser minimizado, pois correspondem a uma área das edificações de uso comum que agregam um alto custo para a obra. Deve-se destacar que neste trabalho o índice de circulação em sobrados não foi considerado, por considerar que eventuais áreas de circulação, como escadas, fazem parte da área privativa da residência. Deve-se ressaltar que, apesar da importância dos dados aqui apresentados, a qualidade de um projeto não depende apenas das otimizações dos parâmetros da arquitetura, mas também de vários outros fatores tais como: orientação solar, áreas funcionais, ventilação cruzada. A fim de obter referências de consumos de materiais nesses projetos, esses dados serão utilizados para um futuro cruzamento com os dados levantados na primeira etapa deste projeto de pesquisa. A disponibilização dos indicadores levantados nesta pesquisa é útil como uma alternativa para otimização do processo de projeto em edifícios em alvenaria estrutural.

FAPESP

9.3. Artigo aceito pelo congresso científico

INDICADORES GEOMÉTRICOS DA ARQUITETURA DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

LOPES, G. M.⁽¹⁾; ALCÂNTARA JUNIOR, P. S. B.⁽²⁾; FREIRE, A. S.⁽³⁾; PARSEKIAN, G.A.⁽⁴⁾

(1) Graduando em Engenharia Civil, gui.lobes5@yahoo.com.br

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

(2) Graduando em Engenharia Civil, junim.matrlx@gmail.com

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

(3) Prof^o. Doutor em Engenharia de Civil, parsekian@ufscar.br

Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

(4) Prof. Mestre em Engenharia Civil,, ailton99@gmail.com

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFPI

RESUMO

Este artigo relata pesquisa desenvolvida na UFSCar, que tem por objetivo a caracterização de edifícios de alvenaria estrutural em relação à forma geométrica de suas arquiteturas. Nesta fase inicial foram analisados mais de uma centena de projetos fornecidos por três projetistas distintos e levantados dados relativos à geometria do pavimento tipos. A partir desses dados foram calculados alguns parâmetros da arquitetura como: área do pavimento, índice de compactidade, índice de circulação, relação área de alvenaria estrutural pela área total de alvenaria, densidade de paredes.

A amostra foi organizada em diferentes agrupamentos, considerando a totalidade dos casos ou em grupos distintos de acordo com o número de pavimentos, presença ou não de pilotis, família de modulação dos blocos estruturais. Os dados levantados foram comparados com valores disponíveis na literatura. Como resultado do trabalho disponibiliza-se uma breve radiografia dos índices de arquitetura desse tipo de sistema construtivo.

Palavras-chave: indicador, arquitetura, alvenaria estrutural, projeto.

ABSTRACT

This paper report research developed at UFSCar, which aims the characterization of masonry buildings of in regards to the architecture shape . Over a hundred projects, submitted by three different designers, were analyzed and collected data on the architecture geometry. From these data, some parameters were calculated such as the floor area, the compactness ratio, circulation area ratio, relative area of masonry structural walls of the total masonry area, density of walls.

The samples were organized into different groups, considering all the cases, or in separate groups according to the number of floors, presence of pilotis, blocks shape family. Data were compared with values available in literature. As a result this paper offers a brief radiography of this type of constructive system architecture.

Keywords: pointer, architecture, structural masonry, design.

1. INTRODUÇÃO

A constatação de que existem poucos indicadores de projeto disponíveis, com relação a edifícios em alvenaria estrutural, levou o programa de Pós Graduação em Construção Civil da UFSCar a desenvolver um trabalho para apresentar novas informações e procurar contribuir com a melhoria das informações existentes.

Este artigo é uma segunda etapa deste trabalho e tem a finalidade de caracterizar edifícios de alvenaria estrutural em relação à forma geométrica de sua arquitetura. Assim foram avaliados 90 projetos e levantados dados relativos à geometria do pavimento tipo de cada edifício. A partir desses dados foi possível calcular alguns parâmetros da arquitetura considerados mais relevante como: índice de compactidade, índice de circulação, área do pavimento tipo, relação área de alvenaria estrutural pela área total de alvenaria, densidade de paredes.

Cabe ressaltar que, a qualidade de um projeto não esta relacionada apenas às otimizações levantadas neste artigo. Existem vários outros fatores que influenciam na qualidade do projeto de uma habitação, tais como: orientação solar, áreas funcionais, ventilação cruzada. Os dados geométricos aqui levantados servirão de referência para futuro cruzamento de dados sobre consumo de materiais especificados no projeto. Será estudado qual a influência desses parâmetros geométricos no consumo de materiais, fazendo-se a ressalva de que um maior consumo de materiais pode ser necessário para garantir outros fatores de qualidade relatados no início deste parágrafo.

As amostras foram organizadas em diferentes grupos, considerando o total dos casos ou em grupos distintos de acordo com o número de pavimentos, presença ou não de pilotis, família de modulação dos blocos estruturais. A partir dos dados levantados foi possível obter os valores médios dos parâmetros de acordo com seus grupos de classificação e comparação com os dados encontradas na literatura.

Sobre o tema “Indicadores de Projeto”, foram encontrados alguns trabalhos técnicos na bibliografia especializada:

- ANDRADE et al. (1996); Aspectos geométricos e indicadores de qualidade para casas de classe média, um estudo realizado em 20 casas, construídas na cidade de Florianópolis, entre os anos de 1986 e 1995.
- BRASILEIRO (2007); Indicadores de Qualidade de Projeto.
- ESTEFANI et al. (2002); Indicadores da qualidade em projeto. Estudo de caso de edifícios habitacionais em Brasília, DF.
- RAMOS et al. (2003); Modelo de Análise Preliminar de Desempenho do Projeto Arquitetônico e sua Influência na Viabilidade Econômica do Empreendimento.

Desta forma, a otimização dos indicadores levantados nesta pesquisa é útil como uma alternativa de comparação em processo de projeto em edifícios em alvenaria estrutural.

1.1. Indicadores de geométricos arquitetônicos

Os principais indicadores geométricos arquitetônicos considerados neste trabalho foram: índice de compactidade, índice de circulação e densidade de parede. A seguir apresenta-se um breve relato sobre os mesmos.

1.1.1 Índice de circulação (Icir)

A área de circulação tem como objetivo fornecer acesso às pessoas. É uma área comum nas edificações, porém de alto custo. Essas áreas são de 20 a 30% maiores que os custos

dos demais ambientes, assim devem ser minimizados (ANDRADE et al., 1996). Tal indicador possui a seguinte fórmula:

$$I_{cir} = \frac{A_{circ}}{(A_{pavt} + A_{sf})} \times 100$$

Onde:

- A_{circ} = área de circulação de uso comum, somatória das áreas de caixa do elevador, escadas, halls e outras áreas em comum no pavimento tipo.
- A_{pavt} = área do pavimento tipo, obtida pela área delimitada pela face externas das paredes.
- A_{sf} = área de sacada e floreira no pavimento tipo, obtida no pavimento tipo.

1.1.2 Índice de compacidade (Ic)

Quanto maior for o quociente de paredes envoltórias/área da superfície inscrita maior será o custo da edificação (MASCARÓ, 1985), pelo fato do custo das fachadas ser superior ao das paredes internas.

O índice de compacidade indica o quanto o projeto afasta-se da forma mais econômica (o círculo) em relação ao perímetro das paredes externas (ANDRADE et al., 1996). Tal indicador possui a seguinte fórmula:

$$I_c = \frac{2 \times \sqrt[3]{A_{pavt} \times \pi}}{P_p} \times 100$$

Onde:

- A_{pavt} = Área do Pavimento Tipo, obtida pela área delimitada pela face externa das paredes.
- P_p = Perímetro das Paredes Externas, obtido através do eixo das paredes externas do pavimento tipo.

1.1.3 Densidade de paredes (DP)

Tem como objetivo verificar o grau de compartimentação do pavimento tipo, a fim de otimizar a obra e minimizar os custos. Tal indicador possui a seguinte fórmula:

$$DP = \frac{A_p}{A_{pavt}}$$

Onde:

- A_p = Área de Projeção das Paredes Externas e Internas, Área total do pavimento tipo subtraindo as áreas destinadas aos cômodos e a circulação.
- A_{pavt} = Área do Pavimento Tipo, obtida pela área delimitada pela face externa das paredes

2. METODOLOGIA

Os projetos fornecidos por três projetistas diferentes com escritórios no estado de São Paulo mas que tem abrangência nacional, visto que, aproximadamente 40% da amostra são de edifícios fora deste estado. Esta amostra foi agrupada nas seguintes tipologias:

- Sobrados (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios de 3, 4 e 5 pavimentos sem pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios de 7, 8 e 9 pavimentos sem pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios de 10, 11 e 12 pavimentos sem pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios mais de 12 pavimentos sem pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios de 7, 8 e 9 pavimentos com pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios de 10, 11 e 12 pavimentos com pilotis (Blocos de 30 e 40)
- Edifícios mais de 12 pavimentos com pilotis (Blocos de 30 e 40)
-

3. RESULTADOS

Os parâmetros calculados nesta etapa da pesquisa estão apresentados na Tabela 1 e incluem: índice de compactidade, densidade de paredes e índice de circulação. Os resultados estão divididos por tipologia e de maneira global, quando envolve todos projetos analisados. A partir desta classificação foi analisado cada projeto da amostra com o objetivo de coletar os dados necessários para o cálculo dos parâmetros mencionados anteriormente. Os dados foram levantados utilizando um programa de Desenho Auxiliado Por Computador (CAD).

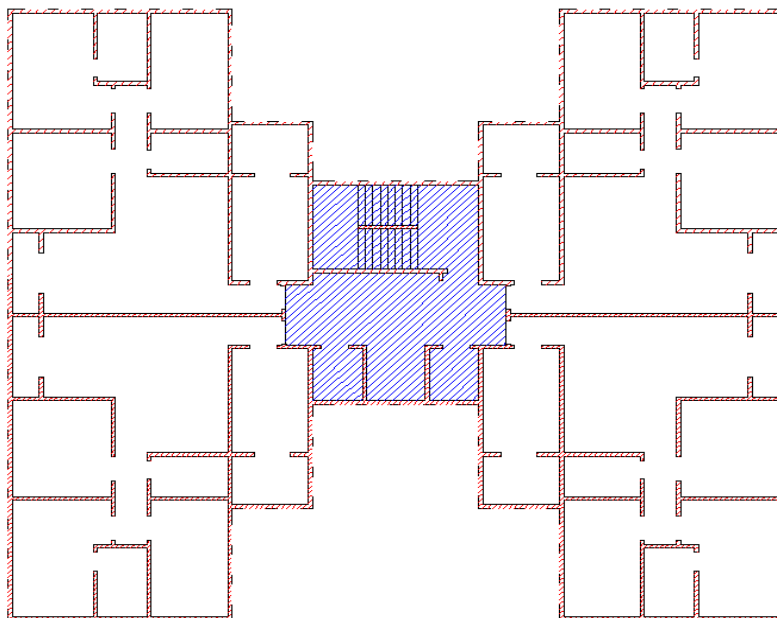


Figura 38: Exemplo de um projeto para obtenção dos dados.

A área do pavimento tipo foi calculada utilizando o contorno do perímetro externo (na Figura 38 é representada pela linha tracejada). As eventuais áreas de sacada e floreira no pavimento tipo estão inclusas na descrição acima. A área de circulação de uso comum é representada na Figura 38 pela área rachurada em azul. Finalmente foi traçada a área de contorno dos ambientes que, subtraída da área do pavimento, permite o cálculo da área

de projeção das paredes externas e internas, área rachurada em vermelho. Os valores obtidos para o caso da Figura 1 foram:

- Perímetro externo do pavimento tipo 126,86 m,
- Área do pavimento tipo 468,80 m²,
- Área de circulação de uso comum 47,37 m²,
- Área de projeção as paredes externas e internas 42,86 m².

A partir desses dados os parâmetros para o caso são:

- Índice de compacidade = 60,50 %;
- Densidade de paredes = 9,14 %;
- Índice de circulação = 10,10 %.

Os resultados são comparados com os trabalhos encontrados na bibliografia no item seguinte.

Tabela 1: Apresentação dos resultados: índice de compacidade, densidade de paredes e índice de circulação

		Média	Mínimo	Maximo	DP (%)	n
TOTAL	Índice de compacidade	65,21%	28,01%	89,07%	11,21%	90
	Densidade de Paredes	9,75%	5,54%	12,17%	1,19%	90
	Índice de Circulação	10,08%	0,00%	29,64%	5,53%	90
BLOCO DE 30 cm						
	Índice de compacidade	64,51%	54,66%	88,60%	9,17%	28
	Densidade de Paredes	9,93%	6,48%	11,51%	1,07%	28
	Índice de Circulação	10,07%	0,00%	24,19%	5,89%	28
BLOCO DE 40 cm						
	Índice de compacidade	65,53%	28,01%	89,07%	12,07%	62
	Densidade de Paredes	9,67%	5,54%	12,17%	1,24%	62
	Índice de Circulação	11,38%	0,00%	41,51%	8,08%	62
SOBRADOS						
	Índice de compacidade	83,33%	76,14%	88,60%	4,21%	12
	Densidade de Paredes	9,08%	5,97%	12,17%	1,52%	12
	Índice de Circulação	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12
3,4 e 5 PAVIMENTOS						
	Índice de compacidade	56,12%	28,01%	84,16%	11,67%	15
	Densidade de Paredes	10,23%	5,54%	11,47%	1,38%	15
	Índice de Circulação	10,83%	6,11%	22,44%	4,54%	15
7,8 e 9 PAVIMENTOS						
	Índice de compacidade	62,29%	54,88%	73,31%	5,20%	12
	Densidade de Paredes	10,26%	9,42%	29,64%	5,20%	12
	Índice de Circulação	12,38%	8,24%	73,31%	5,20%	12
7,8 e 9 PAVIMENTOS COM PILOTIS						
	Índice de compacidade	65,89%	54,88%	75,07%	6,08%	13
	Densidade de Paredes	9,84%	8,69%	11,51%	0,79%	13
	Índice de Circulação	10,62%	7,64%	24,19%	4,24%	13
10,11 E 12 PAVIMENTOS						
	Índice de compacidade	62,82%	38,11%	74,39%	10,21%	11
	Densidade de Paredes	9,80%	8,42%	11,66%	0,98%	11
	Índice de Circulação	13,10%	5,50%	22,02%	4,77%	11
10,11 E 12 PAVIMENTOS COM PILOTIS						
	Índice de compacidade	64,87%	54,53%	81,09%	7,57%	12
	Densidade de Paredes	9,31%	6,48%	11,51%	1,65%	12
	Índice de Circulação	10,25%	5,68%	12,85%	2,00%	12

Tabela 1: Apresentação dos resultados (continuação)

	Média	Mínimo	Maximo	DP (%)	n
MAIS DE 12 PAVIMENTOS					
Índice de compacidade	59,34%	52,23%	73,54%	8,42%	6
Densidade de Paredes	9,39%	8,34%	10,73%	0,80%	6
Índice de Circulação	13,09%	10,89%	18,25%	2,68%	6
MAIS DE 12 PAVIMENTOS COM PILOTIS					
Índice de compacidade	66,45%	55,00%	89,07%	9,58%	9
Densidade de Paredes	9,83%	8,61%	11,09%	0,85%	9
Índice de Circulação	12,48%	9,38%	15,68%	2,26%	9

4. ANALISE DOS RESULTADOS

A Tabela 2 traz valores considerados ótimo, bom e ruim para cada parâmetro citados no item anterior de acordo com BRASILEIRO (2007).

Tabela 2: Valores de referência para os parâmetros Índice de Circulação, Índice de Compacidade e Densidade de Paredes (BRASILEIRO, 2007)

	ÓTIMO	BOM	RUIM
Índice de Circulação	Menor que 7,00%	Entre 7,00% e 9,00%	Maior que 9,00%
Índice de Compacidade	Maior que 70,00%	Entre 60,00% e 70,00%	Menor que 60,00%
Densidade de Paredes	Igual a 15,00 %	Menor que 15,00 %	Maior que 15,00%

Os dados levantados nesta pesquisa podem ser comparados com a Tabela 2 e classificados em ÓTIMO, BOM e RUIM, de acordo com estes valores de referencias.

A Figura 1 indica a classificação para o índice de compacidade, fazendo uma relação com classificação sugerida por Brasileiro, 2007.

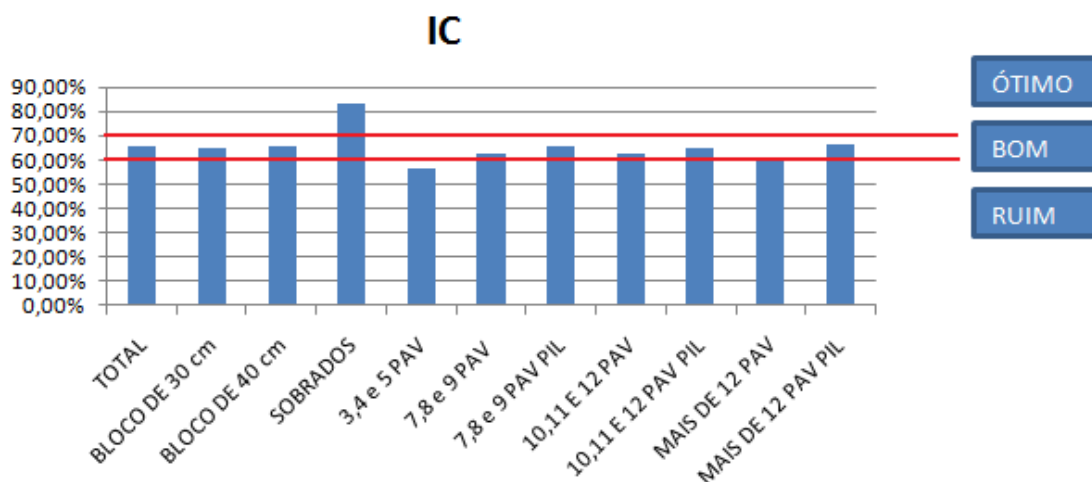


Figura 39: Classificação do Índice de Compacidade

Para o caso do indicador índice de compacidade nos sobrados o valor médio se localiza no intervalo considerado ótima pela referencia (maior que 70%). Conclui-se que os sobrados possuem índice de compacidade tendendo ao ideal. Com isso, esta tipologia se

aproxima da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas.

Para o mesmo indicador, para a tipologia 3, 4 e 5 pavimentos, o índice de compacidade encontrado está em 56,12%, no intervalo considerado ruim (menor que 60%). As demais tipologias analisadas neste trabalho encontram-se no intervalo considerado bom (entre 60% e 70%).

Quando considera-se o universo de todos os projetos, o valor médio do índice de compacidade que é de 65,21%, encontra-se na faixa considerada boa. Apesar de termos um valor mínimo de 28,01% e um valor máximo de 89,07%, a grande maioria dos projetos analisado tiveram índice de compacidade em torno do valor médio.

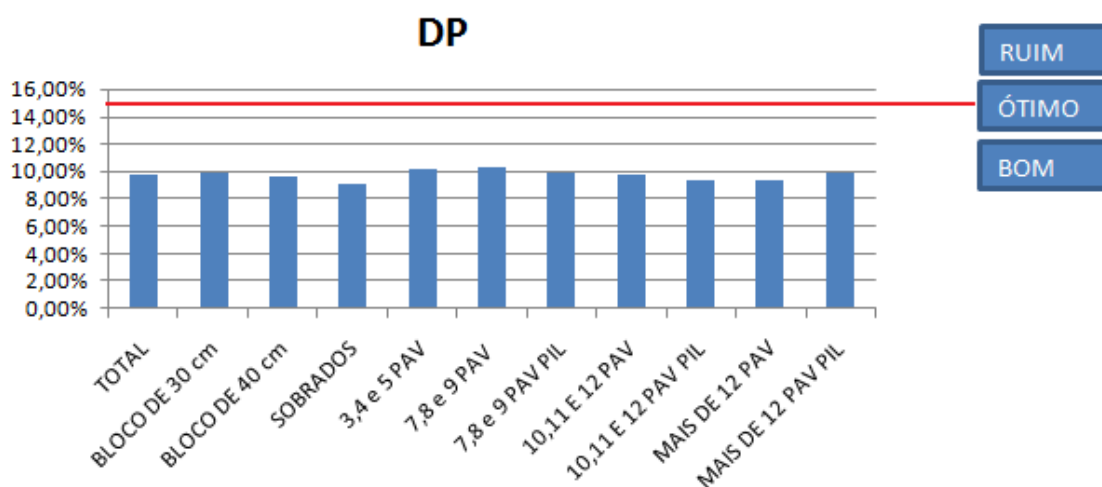


Figura 40: Classificação da Densidade de Parede

A Figura 2 mostra a classificação para a densidade de parede. Nota-se pequena variação para esse indicador, o desvio padrão quase sempre menor que 2%, significando uma grande proximidade entre os valores encontrados para este índice. A exceção fica por parte da tipologia de 7, 8 e 9 pavimento, que tem desvio padrão da ordem de 5,2%, devido a amostra esta uniformemente distribuída entre o mínimo (9,42%) e o máximo (29,64%), diferente do ocorrido com as outras tipologias que a quase sempre concentra a maioria dos índices encontrados próximos a média destas. No geral o valor médio se encontra no intervalo considerada boa (menor que 15%) pela referencia adotada. Portanto o grau de compartimentação nessa amostra é bom, levando a uma grande área útil nas edificações.

A Figura 3 mostra a classificação para o índice de circulação. Nota-se uma variação considerável entre os valores obtidos, tanto dentro da tipologia quanto comparados as médias obtidas dentro destas tipologias e no geral os valores médios encontrados são da classificação no intervalo considerados ruim (maior que 9%). Este indicador poderia talvez ser minimizado, pois correspondem a uma área das edificações de uso comum que agregam um alto custo para a obra.

Deve-se destacar que neste trabalho o índice de circulação em sobrados não foi considerado, por entender-se que eventuais áreas de circulação, como escadas, fazem parte da área privativa da residência.

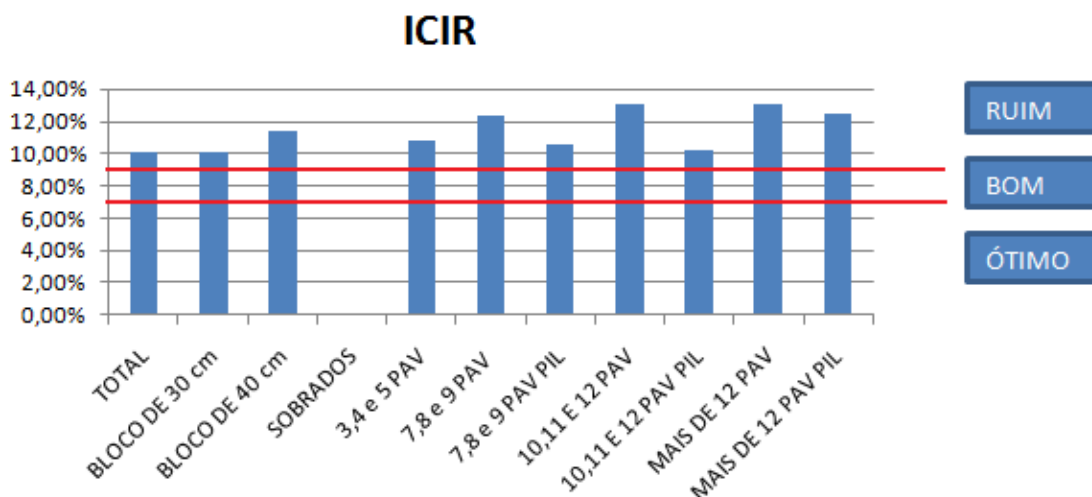


Figura 41: Classificação para Índice de Circulação

4.2 Comparação dos resultados deste trabalho os da literatura

Em ANDRADE et al. (1996) é relatada a pesquisa com uma amostra de 20 casas, pela proximidade da tipologia esses resultados serão comparados com os valores referentes a sobrados deste trabalho (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação dos parâmetros calculados, Índice de Circulação, Índice de Compacidade e Densidade de Paredes, com ANDRADE et al. (1996)

	ANDRADE et al. (1996)	Trabalho/UFSCar
Índice de compacidade	76,00%	83,33%
Densidade de Parede	10,00%.	9,08%
Índice de circulação	Não considerado neste trabalho	

Observando esta comparação percebemos a pouca variação entre estes trabalhos, no que se refere ao índice de compacidade e densidade de paredes, na ordem de aproximadamente 10%. Para o caso do índice de circulação este trabalho adotou que a área de circulação, utilizada para o cálculo deste índice, era aquela de uso comum nas edificações. Com isso foi adotado que em sobrados não há áreas de uso comum, por exemplo, área destinada a elevador e caixa de escadas.

Em BRASILEIRO (2007) é descrito uma pesquisa com uma amostra de 3 edifícios:

- Edifício Place de La Concorde de 16 pavimentos;
- Edifício Residencial Avanzato de 14 pavimentos;
- Edifício Bárbara de 20 pavimentos.

A partir deste trabalho, seus resultados serão comparados com os valores referentes a mais de 12 pavimentos sem pilotis e mais de 12 pavimentos com pilotis deste trabalho de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Comparação dos parâmetros calculados, Índice de Circulação, Índice de Compacidade e Densidade de Paredes, com BRASILEIRO (2007)

Nome do Edifício ou Tipologia	BRASILEIRO (2007)			Trabalho/UFSCar	
	Ed. Place de La Concorde	Ed. Residencial Avanzato	Ed. Bárbara	Mais de 12 Pavimentos sem Pilotis	Mais de 12 Pavimentos com Pilotis
Índice de compacidade	68,22%	63,27%	80,63%	59,34%	66,34%
Densidade de Parede	21,08%	12,54%	15,03%	9,39%	9,83%
Índice de circulação	8,52%	10,48%	9,86%	13,09%	12,48%

Mesmo estando na mesma tipologia, os edifícios analisados no trabalho de BRASILEIRO (2007) e no trabalho/UFSCar, tem índices de compacidade e densidade de paredes bastantes diversos, com variações da ordem de aproximadamente 36% para o índice de compacidade e de 25% para a Densidade de paredes. Já para o índice de circulação os valores encontrados, em ambos os trabalhos, são muito próximos.

Em ESTEFANI et al. (2002), é relatada uma pesquisa em edifícios habitacionais localizados em Brasília (DF), mais precisamente na Asa Norte do Plano Piloto. São edifícios de 6 pavimentos, portanto, por aproximação seus resultados serão comparados com os valores referentes a 3, 4 e 5 Pavimentos, 7, 8 e 9 Pavimentos sem pilotis e 7, 8 e 9 Pavimentos com pilotis de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Comparação dos parâmetros calculados, Índice de Circulação, Índice de Compacidade e Densidade de Paredes, com ESTEFANI et al. (2002)

Tipologia	ESTEFANI et al. (2002)		Trabalho/UFSCar	
	6 Pavimentos	3, 4 e 5 Pavimentos	7, 8 e 9 Pavimentos sem pilotis	7, 8 e 9 Pavimentos com pilotis
Índice de compacidade	45,21 %	56,12%	62,29%	65,89%
Densidade de Parede	13,00%	10,23%	10,26%	9,84%
Índice de circulação	10,00%	10,83%	12,38%	10,62%

Nesta comparação percebe-se uma variação notável no índice de compacidade, enquanto que, no índice de densidade de paredes há uma variação menos significativa e uma proximidade de valores para o índice de circulação, semelhante ao acontecido nas análises das tipologias anteriores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro da amostra analisada neste trabalho, é possível perceber que o parâmetro densidade de parede segue um determinado padrão dentro das divisões feitas para análise. No caso do índice de compacidade essa uniformidade não é mantida e varia conforme a tipologia como, por exemplo, sobrados que apresentam um valor para este parâmetro muito distinto em relação aos demais. Para o índice de circulação não é possível observar nenhum padrão nas divisões da análise.

Vários fatores podem influenciar na falta de um padrão para os parâmetros considerados, já que o projeto não depende somente do projetista em questão, mas também da influência do cliente na adoção de alguns determinados fatores. Também deve-se ressaltar que a qualidade do projeto arquitetônico não está relacionada apenas aos parâmetros geométricos aqui levantados.

A idéia do projeto é identificar como esses parâmetros geométricos de arquitetura podem influenciar no maior ou menor consumo de materiais no projeto de edifícios de alvenaria estrutural. Na continuação deste trabalho serão comparados os valores dos parâmetros geométricos com os consumos de materiais levantados no projeto. Espera-se ser possível fornecer informações relevantes ao meio técnico interessado.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, V. A.; ARAUJO, J. L. S.; HEINECK, L. F.; Aspectos geométricos e indicadores de qualidade para casas de classe média. In: Encontro Nacional de Engenharia e Produção, 16º, 1996, Piracicaba, SP. Artigo Técnico... Florianópolis: Universidade Federal e Santa Catarina - UFSC/Programa de pós-graduação em engenharia de produção e sistemas, 996, p. 1-9. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/>. Acesso em: 04/01/2009.

BRASILEIRO, T. S. Indicadores de Qualidade de Projeto. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, 2007. 29 p. Trabalho de conclusão de curso

ESTEFANI, C.; SPOSTO R. M. Indicadores da Qualidade em Projeto: Estudo de Caso de Edifícios Habitacionais em Brasília, DF. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2º, 2002, Porto Alegre, RS. Artigo Técnico... Brasília: Universidade de Brasília, 2002, p 1- 6. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/>. Acesso em: 04/01/2009.

LOSSO, I. R. Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso em uma empresa de construção. 1995. 177 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, 1995.

MASCARÓ, J. L. O Custo das Decisões Arquitetônicas São Paulo, Nobel, 1985.

NORIE: Núcleo Orientado Para a Inovação da Edificação. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/norie/indicadores/frame_lista1.htm. Acesso em: 08/01/2009.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C.T. Sistema de indicadores de qualidade e produtividade da construção civil. Manual de Utilização. 2a Ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1997.

RAMOS, A. C. R.; CARDOSO, B. N. Modelo de Análise Preliminar de Desempenho do Projeto Arquitetônico e sua Influência na Viabilidade Econômica do Empreendimento. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2003. 43 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras.

10. Anexos

- 10.1. Trabalho de conclusão de curso. BLANCO, R. Estimação de Indicadores de projeto para alvenaria estrutural. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Estatística, 2009.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

ESTIMAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETO PARA
ALVENARIA ESTRUTURAL

Ricardo Blanco

Trabalho de Conclusão de Curso

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

ESTIMAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETO PARA
ALVENARIA ESTRUTURAL

Ricardo Blanco

Orientador: Profa. Dra. Teresa Cristina Martins Dias

Co-Orientador: Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

Este exemplar trata da
redação do Trabalho de
Conclusão de Curso a ser
devidamente corrigido e
apresentado por Ricardo
Blanco e a ser avaliada pela
comissão julgada

São Carlos, 19 de junho de 2009

Trabalho de Conclusão de Curso

RESUMO

Este trabalho trata da construção de modelos que visam estimar diversos indicadores de projetos, como taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo e de identificar quais variáveis, como índice de compactação ou presença de pilotis, influenciam estes indicadores, como por exemplo, a taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo. Para o estudo da estimação de tais ajustes pode-se utilizar técnicas de análise de regressão e análise multivariada.

Há ainda a ressaltar que um estudo sobre indicadores de projetos em alvenaria estrutural está sendo desenvolvido pelo aluno Guilherme Martins Lopes, orientado pelo professor Doutor Guilherme Aris Parsekian (departamento de Engenharia Civil – DECiv/UFSCar).

Palavras chave: *Análise de Regressão, Análise Multivariada, Alvenaria Estrutural*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	CRONOGRAMA	5
3.	ANÁLISE DOS DADOS COMPLEMENTARES	6
4.	ANÁLISE E OS RESULTADOS DA ESTATÍSTICA REALIZADA	7
4.1.	REGRESSÃO MÚLTIPLA	7
4.1.1.	<i>Modelo de regressão múltipla</i>	8
4.1.2.	<i>Estimativa do coeficiente de regressão</i>	8
4.1.3.	<i>Calculo dos resíduos</i>	8
4.1.4.	<i>Teste F</i>	9
4.1.5.	<i>Coefficiente de determinação</i>	9
4.1.6.	<i>Coefficiente de variação</i>	9
4.2.	ANÁLISE DE CLUSTER	10
4.3.	PRIMEIRO AJUSTE	11
4.3.1.	<i>Análise e resultados primeiro ajuste</i>	12
4.4.	SEGUNDO AJUSTE	14
4.4.1.	<i>Análise e resultados segundo ajuste</i>	15
4.5.	TERCEIRO AJUSTE	23
4.5.1.	<i>Análise e resultados terceiro ajuste</i>	24
4.6.	QUARTO AJUSTE	25
4.6.1.	<i>Análise e resultados quarto ajuste</i>	26
4.7.	QUINTO AJUSTE	32
4.7.1.	<i>Análise e resultados quinto ajuste</i>	33
4.8.	VALORES DE ENTRADA	37
5.	DESENVOLVIMENTO DA PÁGINA DA INTERNET	37
5.1.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA FORMULÁRIO DE COMPARAÇÃO	38
5.1.1.	<i>Preencher corretamente o formulário obrigatório que será exibido</i>	38
5.1.2.	<i>Exemplo do formulário obrigatório preenchido</i>	40
5.1.3.	<i>Observações do formulário básico</i>	42
5.1.4.	<i>Preencher corretamente o formulário intermediário que será exibido</i>	42
5.1.5.	<i>Exemplo do formulário intermediário preenchido</i>	45
5.1.6.	<i>Observações do formulário intermediário</i>	47
5.1.7.	<i>Preencher corretamente o formulário avançado que será exibido</i>	49
5.1.8.	<i>Exemplo do formulário avançado preenchido</i>	53
5.2.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA SOBRE O WEBSITE	55
5.3.	APRESENTAÇÃO DA PÁGINA INFO	56
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS	57
7.	CONCLUSÕES	62
8.	REFERÊNCIAS	63
9.	APÊNDICE	66
9.1.	RESUMO SUBMETIDO A CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	66
9.2.	RESUMO SUBMETIDO A CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	67
9.3.	ARTIGO ACEITO PELO CONGRESSO CIENTÍFICO	68
4.2	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DESTES TRABALHOS DA LITERATURA	75
10.	ANEXOS	78
10.1.	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. BLANCO, R. ESTIMAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR) CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA, 2009	78
1.1.	JUSTIFICATIVA	7
1.2.	OBJETIVO	7
1.3.	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	8

Capítulo 1

Considerações iniciais

A estatística, que durante muito tempo foi uma ciência praticamente desconhecida para grande parte das pessoas e que para muitos daqueles que à “conheciam” era apenas utilizada para cálculos de censo e afins, tem sido amplamente reconhecida por diversos pesquisadores e suas técnicas aplicadas em várias áreas do conhecimento. Assim, devido ao grande número de áreas que a ciência estatística está relacionada, é essencial que tais profissionais tenham alta capacidade de comunicação, dado que quase sempre terá que atuar com pessoas de outros campos.

Como exemplo, este trabalho será aplicado na área da construção civil, em que técnicas estatísticas podem ser utilizadas para a melhoria e otimização de seus procedimentos, tais como a estimação de quantidade de concreto, aço e outras variáveis necessárias em uma construção.

Há ainda a destacar, que a construção civil tem grande importância econômica e social, ajudando na formação do PIB e geração de empregos. Um exemplo de tal importância pode ser observado com o início da atual crise econômica mundial, em que várias das demissões que inicialmente ocorreram nos EUA foram no setor da construção civil.

O setor da construção civil pode ser dividido em três subsetores:

- Construção pesada: relacionada a obras de infra-estrutura (vias, saneamento, hidrelétrica, etc);
- Construção industrial: relacionada à montagem de indústrias, telecomunicações, geração e transmissão de energia, etc;

- Construção de edificações: relacionada ao planejamento, construção e reforma de edifícios (residenciais, comerciais, institucionais, etc) **(FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984([1]); FARAH, 1992([2]))**

1.1. Justificativa

A construção civil é uma ciência que geralmente trabalha com grandes quantidades de material (como aço, concreto, argamassa, etc.) e está presente em todos os países. Assim, a estimação de indicadores que possam ajudar a otimizar o gasto com material e tempo em uma obra é de grande importância. Há ainda a destacar que com a disponibilização de tais indicadores o engenheiro pode analisar mais precisamente seu projeto, identificando possíveis erros e/ou melhorando. Quanto à minimização de custos o impacto se dá na geração de novos empregos, sendo que construções mais baratas (contemplando os padrões mínimos de segurança requeridos) implicam em maior facilidade de compra e conseqüentemente maior demanda pelos produtos, gerando mais empregos e poder de compra para determinados setores da população.

1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo principal a estimação de indicadores utilizados na construção civil, utilizando modelos de regressão. Pretende se construir modelos específicos para determinados grupos (baseados nas tipologias arquitetônicas, ou seja, número de andares, forma arquitetônica etc) que poderão ser criados com o uso de técnicas de análise multivariada. Há ainda a destacar que tais decisões devem ser amparadas pelas informações, indiscutivelmente essenciais, dos pesquisadores da área.

1.3. Descrição dos Capítulos

Este trabalho se divide em 4 capítulos seguido de uma bibliografia. Os capítulos em questão são:

Capítulo 1: Apresentação de uma introdução ao problema a ser estudado assim como a justificativa da necessidade do trabalho e objetivo do mesmo;

Capítulo 2: Apresentação das variáveis quantitativas a serem utilizadas, e descrição dos dados;

Capítulo 3: Metodologia que se pretende utilizar para a resolução do problema proposto.

Capítulo 4: Propostas futuras

Capítulo 2

O projeto em alvenaria estrutural e algumas especificações

Os indicadores usados neste trabalho foram obtidos de vários projetos de diversas tipologias arquitetônicas, que englobam aspectos como altura do edifício e arquitetura do mesmo, sendo que cada tipologia apresenta consumo de materiais diferenciados. Tais indicadores, podem ser utilizados para identificar aspectos no projeto a serem otimizados visando a diminuição de custo, sem o comprometimento da obra.

Projetos em alvenaria tratam da construção de estruturas e paredes utilizando unidades conectadas entre si por meio de argamassa. O termo alvenaria estrutural é utilizado quando se trata da estrutura de uma edificação.

2.1. Indicadores utilizados

Os indicadores que são descritos a seguir tratam de covariáveis que inicialmente estão presentes nos ajustes de todos os modelos, somente sendo retiradas quando não existir significância, valendo destacar que os únicos ajustes que não contêm todas as variáveis descritas abaixo são os sobrados, visto que não possuem Índice de Circulação.

As covariáveis quantitativas a serem utilizadas nos ajustes são:

- Índice de Circulação: referente à área de circulação de uma edificação, ou seja, a área que é destinada à circulação das pessoas, onde do ponto de vista financeiro é bastante cara, visto que não gera lucro algum;

- Índice de Compacidade: indicação do quanto a construção se distancia da estrutura mais econômica em relação ao perímetro das paredes externas;
- Densidade das Paredes: área ocupada pelas paredes com relação à área total da construção.
- Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total: Razão entre a área de paredes estruturais por área total.

2.2. Variáveis qualitativas utilizadas

Para a estimação dos indicadores, além das variáveis quantitativas descritas na seção 2.1, são utilizadas variáveis que entram nos modelos como variáveis *dummies*.

As variáveis utilizadas são:

- Presença de Cinta meia altura-paredes externas
- Presença de Cinta meia altura paredes externas e internas
- Presença de Grautes verticais encontros de parede
- Presença de laje maciça
- Presença de laje pré moldada com vigotas
- Presença de amarradura solta
- Presença de amarradura em tela
- Presença de Fundação Estaca
- Presença de Fundação Tubulão

Para maiores detalhes sobre as variáveis citadas ver Freire, Ailton Soares, 2008 ([3]).

2.3. Descrição dos dados utilizados

O banco de dados utilizado no desenvolvimento deste trabalho, é formado de 107 observações e 55 variáveis, das quais 29 são definidas como variáveis resposta e 13 como covariáveis. Há ainda a destacar que das covariáveis analisadas apenas **índice de compacidade, densidade das paredes, índice de circulação e relação da área de alvenaria de estrutural por alvenaria total** são quantitativas e utilizadas no ajuste de todos os modelos, sendo as outras qualitativas e somente presentes em alguns casos específicos.

Tabela 2.1: Estatísticas descritivas das variáveis quantitativas.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
Índice de Compacidade	65,4880	10,6138	28,0100	89,0700	16,2073
Densidade das Paredes	9,7594	1,1583	5,5400	12,1700	11,8681
Índice de Circulação	9,9385	5,3763	0,0000	29,6400	54,0953
Relação da área de alvenaria estrutural por alvenaria total	93,2234	5,3823	70,6504	98,8946	5,7735

Os conjuntos de ajustes mostrados na Tabela 2.2 são formados por vários modelos, que diferem pelas particularidades, como por exemplo a presença de pilotis. Esta tabela foi construída a partir da tabela original(Tabela 10, página 34) de Martins[4].

Tabela 2.2: Conjuntos de análises realizadas.

Conjunto de Análises	O que se espera medir
Conjunto 1	Influência geral dos parâmetros de arquitetura na alvenaria estrutural
Conjunto 2	Influência de cintas no consumo de graute e armadura em alvenaria
Conjunto 3	Influência do tipo de laje e armadura na espessura da laje e consumo de aço
Conjunto 4	Influência do tipo de fundação no número de elementos de fundação
Conjunto 5	Influência geral dos parâmetros de arquitetura nos consumos do pilotis

Capítulo 3

Métodos utilizados

O trabalho em questão utiliza as metodologias de análise de regressão e análise de *cluster*, que são descritas neste capítulo

3.1. Regressão Simples

Análise de regressão é uma metodologia estatística que estuda a relação entre duas ou mais variáveis. O estudo da relação entre duas variáveis é denominado de regressão simples e o estudo da relação entre mais de duas é chamado de regressão múltipla.

Em regressão simples, tem-se uma variável resposta, ou seja, uma variável dependente (Y) e uma covariável (X), independente de Y.

Uma das maneiras mais fáceis de identificar a existência de uma relação linear passível do ajuste de um modelo de regressão simples é a construção de um diagrama de pontos sendo possível observar a existência de correlação entre as variáveis estudadas. Como exemplo, o Gráfico 2.1 mostra a situação hipotética em que a taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo tem seu número aumentado quanto maior a densidade das paredes. Este gráfico foi construído no software Minitab ([10]). Assim temos:

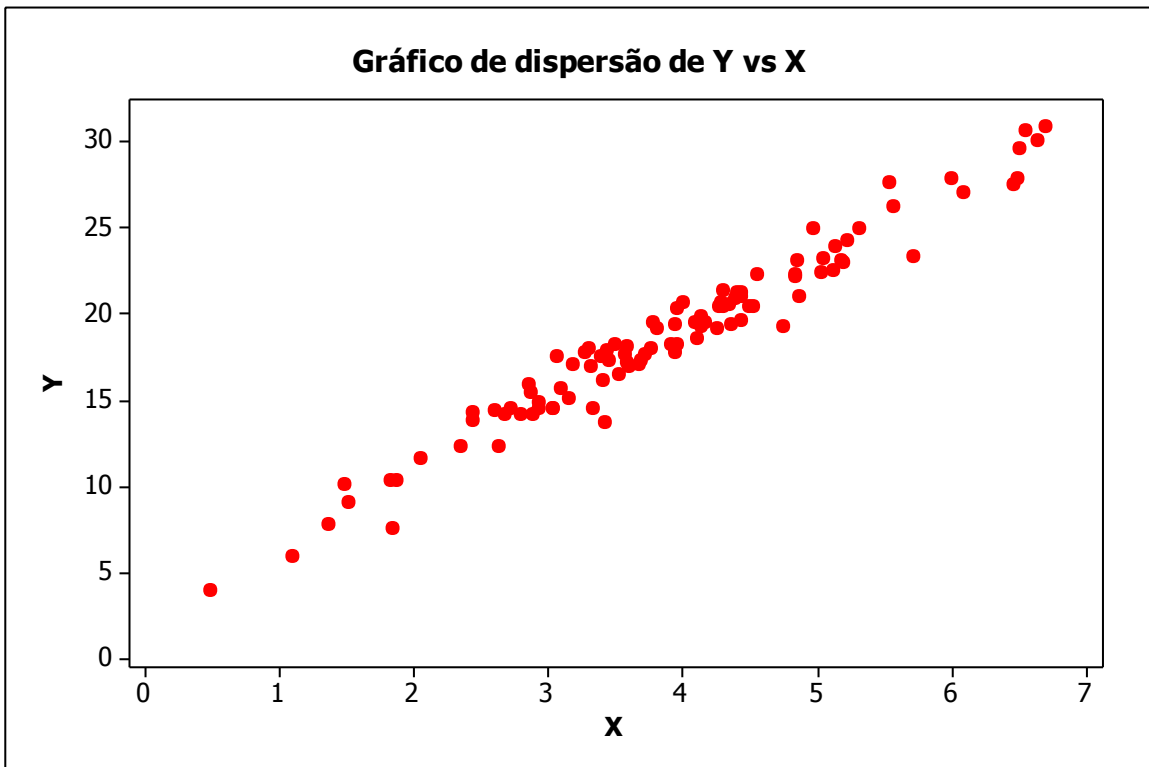


Gráfico 3.1: Exemplo de relação linear entre X e Y.

Observando o gráfico de dispersão (Gráfico 2.1), percebe-se claramente a relação linear entre a variável Y (taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo) e X (Densidade das paredes).

A partir dos dados observados é possível ajustar uma reta que passe pelos pontos de forma que os erros sejam minimizados. Assim, a estimação dos parâmetros da reta ajustada é dada por

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon, \quad (3.1)$$

sendo que para $i=1, \dots, n$

Y_i = Valor da resposta para a i^{th} observação

β_0 = Coeficiente linear da reta

β_1 = Coeficiente angular da reta

X_i = i^{th} valor observado para a covariável X

ε_i = i^{th} valor observado de um vetor com média 0 e variância σ^2

Por fim, quando é realizado o ajuste de um modelo de regressão para estimar a taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo com a densidade das paredes como covariável, são obtidos os resultados:

$$\text{Coeficiente Linear}(\beta_0) = 2,8888$$

$$\text{Coeficiente Angular}(\beta_1) = 4,02743$$

Como interpretação da reta ajustada, $\hat{Y}_i = 2.8888 + 4.02743X_i$, cada aumento de uma unidade em X, representa adição de 4,02743 unidades em Y. No Gráfico 2.2, é mostrado o ajuste da reta.

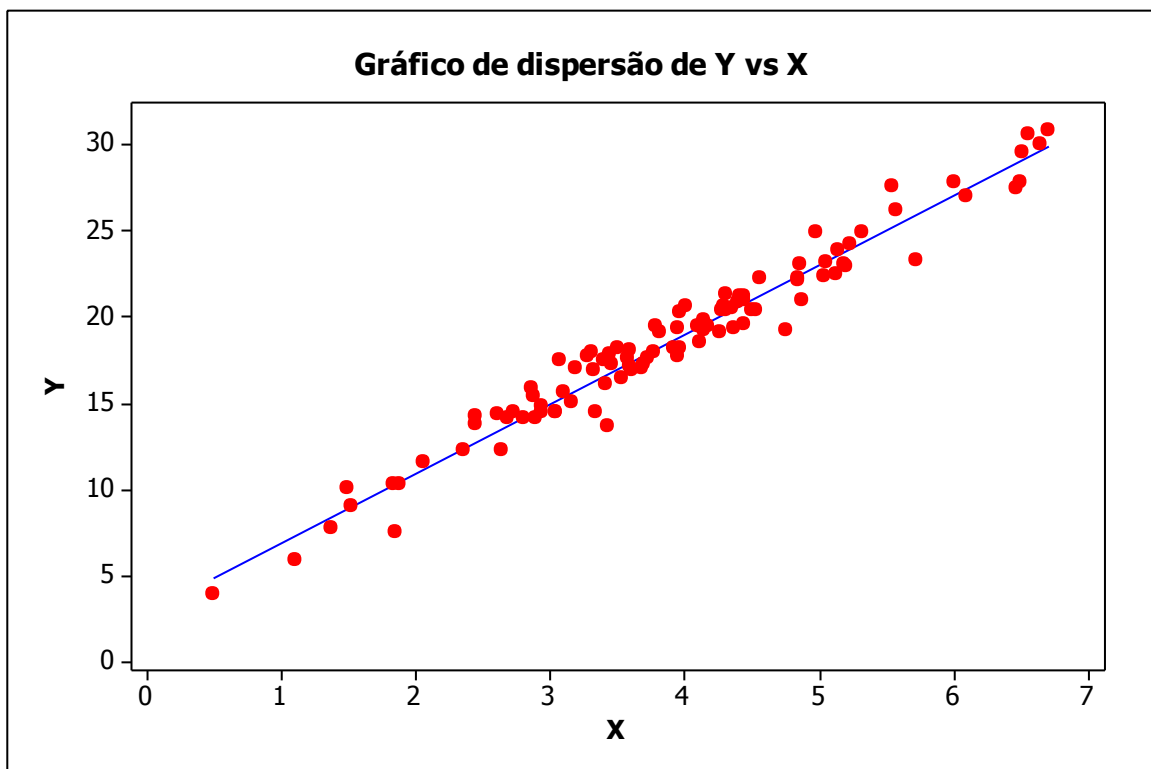


Gráfico 3.2: Reta de regressão ajustada para Y como função de X

3.2.1. Método dos Mínimos Quadrados

Para encontrar os estimadores dos parâmetros do modelo de regressão simples, foi utilizado o método dos mínimos quadrados, que se baseia na tentativa de minimizar

o quadrado da diferença existente entre o valor observado e o estimado, ou seja, minimizar o quadrado dos erros, isto é,

$$Q = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 + \beta_1 X_i)^2 \quad (3.2)$$

As estimativas são encontradas a partir da resolução do sistema de equações, mostrado nas equações 2.3.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial \beta_0} &= -2 \sum (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial \beta_1} &= -2 \sum X_i (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) = 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

A resolução fornece os estimadores dados em 2.4.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \\ \beta_1 &= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Para maior detalhes ver, NETER, John [5].

3.3. Regressão Múltipla

A regressão múltipla é uma extensão dos modelos de regressão linear simples.

Suponha que se deseja observar a quantidade de aço que será utilizada em um prédio, e para isso foi observado a altura e área da construção. Assim, no modelo de regressão múltipla, a variável resposta (variável dependente) é a quantidade de aço a ser utilizada e as variáveis preditoras (variáveis independentes) são a área e a altura.

Há ainda a destacar que para a construção de um modelo com as seguintes características, deve-se ter em mãos uma amostra aleatória de observações sobre prédios que possuam as variáveis: quantidade de aço, área e altura. A importância do uso desta

metodologia no problema a ser trabalhado, é a possibilidade de realizar estimações confiáveis de indicadores utilizados na construção civil, tais como quantidade de aço e argamassa a serem utilizadas.

Nos casos em que se trabalha com modelos de regressão múltipla, um procedimento bastante utilizado para a escolha das covariáveis que possuam relação significativa com a variável resposta, é a observação do coeficiente de correlação, em que valores baixos indicam a falta de informação obtida naquela variável com relação à resposta a ser estimada, análise do VIF (*Variance Inflation Factor*), que visa selecionar variáveis com ausência de multicolinearidade, ou seja, as variáveis de entrada possuem relações no mínimo aproximadamente lineares entre si, o que implica em variáveis diferentes estarem explicando praticamente as mesmas coisas, e por fim, a utilização de algoritmos de seleção de variáveis, como o *Stepwise, Backward e Forward*, (NETER, John [5]).

3.3.1. Modelo de Regressão Múltipla

Considere a existência de $p-1$ variáveis preditoras. Sendo assim, temos que o modelo de regressão geral é dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i(p-1)} + \varepsilon_i \quad (3.5)$$

Assumindo que ε_i possui média igual a zero, temos:

$$E(Y)_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i(p-1)} \quad (3.6)$$

sendo:

$\beta_i = \text{vetor de parâmetros para } i = 0, \dots, p-1$

$X_{1i}, \dots, X_{i,(p-1)} = \text{Co variáveis}$

$\varepsilon_i = \text{erros independentes com } N \sim (0, \sigma^2 I), i = 1, \dots, n$

$p = \text{número de covariáveis}$

$n = \text{número de observações}$

De forma matricial, tem-se que:

$$Y_i = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{n-1} \\ Y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{1(p-1)} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{2(p-1)} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & X_{(n-1)1} & X_{n-12} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{(n-1)(p-1)} \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n(p-1)} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_{p-2} \\ \beta_{p-1} \end{bmatrix}, \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{n-1} \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Por fim, o modelo de regressão linear pode ser escrito como:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (3.8)$$

3.3.2. Estimação dos Coeficientes de Regressão

Considerando que interesse reside na estimação dos coeficientes de regressão, e aplicando a esperança na expressão (3.8) tem-se que:

$$E(Y) = E(X)\beta + E(\varepsilon) \quad (3.9)$$

Assumindo que os erros seguem distribuição Normal(0, σ^2), obtem-se:

$$Y = X\beta \quad (3.10)$$

Aplicando algumas operações algébricas em (3.10), o vetor estimado de parâmetros β é dado por:

$$\begin{aligned}
X'Y &= X'X\beta \\
(X'X)^{-1}X'Y &= (X'X)^{-1}X'X\beta \\
(X'X)^{-1}X'Y &= I\beta \\
\boxed{\hat{\beta} &= (X'X)^{-1}X'Y}
\end{aligned}
\tag{3.11}$$

E portanto, os valores estimados para Y são dados por:

$$\hat{Y} = (X(X'X)^{-1}X'Y), \tag{3.12}$$

que é equivalente a $\hat{Y} = HY$ quando e $X(X'X)^{-1}X'$ é substituído por **H**.

3.3.3. Cálculo dos Resíduos

Sejam o vetor de valores ajustados \hat{Y} dado em (3.12). O vetor de resíduos é dado por $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$, podendo ser escrito na forma $e_i = (I - H)Y$. Vale ressaltar aqui a suposição de que os mesmos seguem distribuição Normal com vetor de médias igual a zero e matriz de variância-covariância igual a $\sigma^2(I - H)$, sendo estimada por $MSE(I - H)$.

Um fator importante relacionado aos resíduos é a possibilidade de se verificar a existência de pontos atípicos ou algum tipo de tendência nos dados, como por exemplo, a necessidade da adição de um termo quadrático no modelo. Destaca-se ainda que é extremamente importante que os resíduos finais, obtidos após o ajuste de cada modelo, devem ter distribuição normal com média zero e variância constante, já que todos os cálculos tomam por base tais suposições. Caso a normalidade e homocedasticidade não sejam aceitas pode-se utilizar transformações, como as do tipo Box-Cox ou o uso de modelos heterocedásticos (Cribari Neto,[1]). Retornando ao exemplo descrito na seção 3.1, a análise de resíduos para o conjunto em questão é mostrada nos Gráficos 3.3, sendo que os resultados logo abaixo servem como modelo de um bom ajuste.

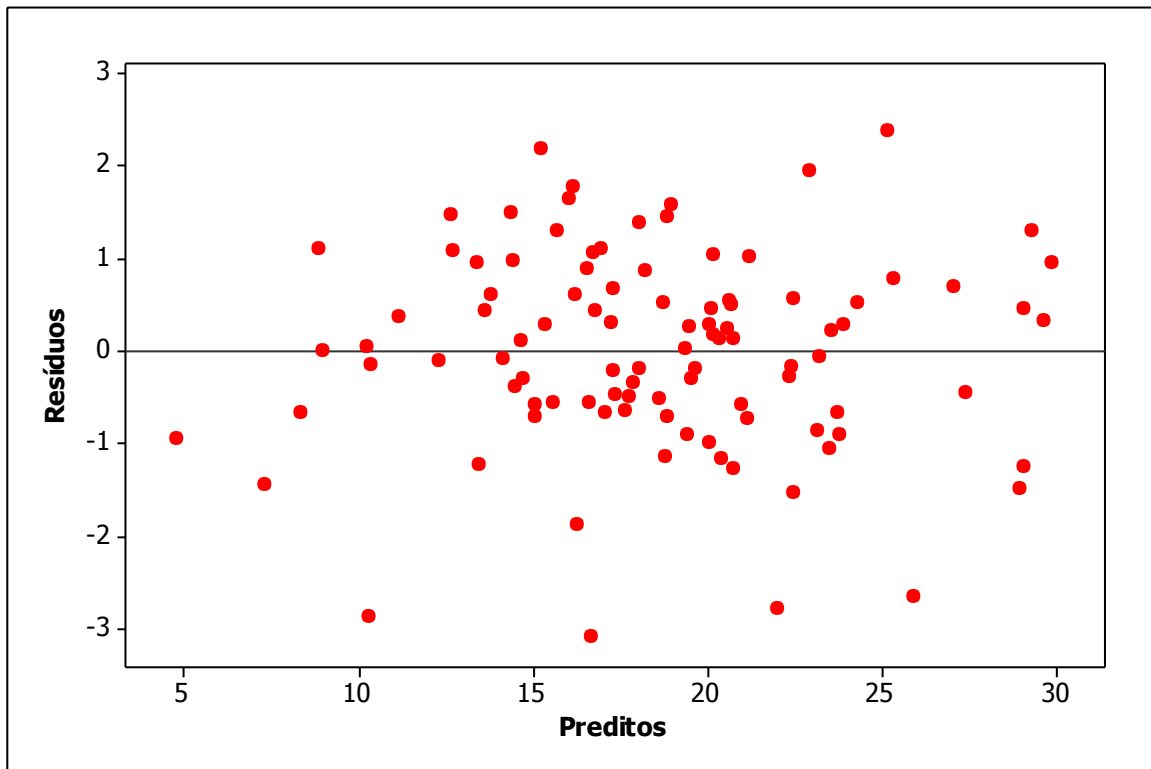


Gráfico 3.3: Resíduos x Preditos

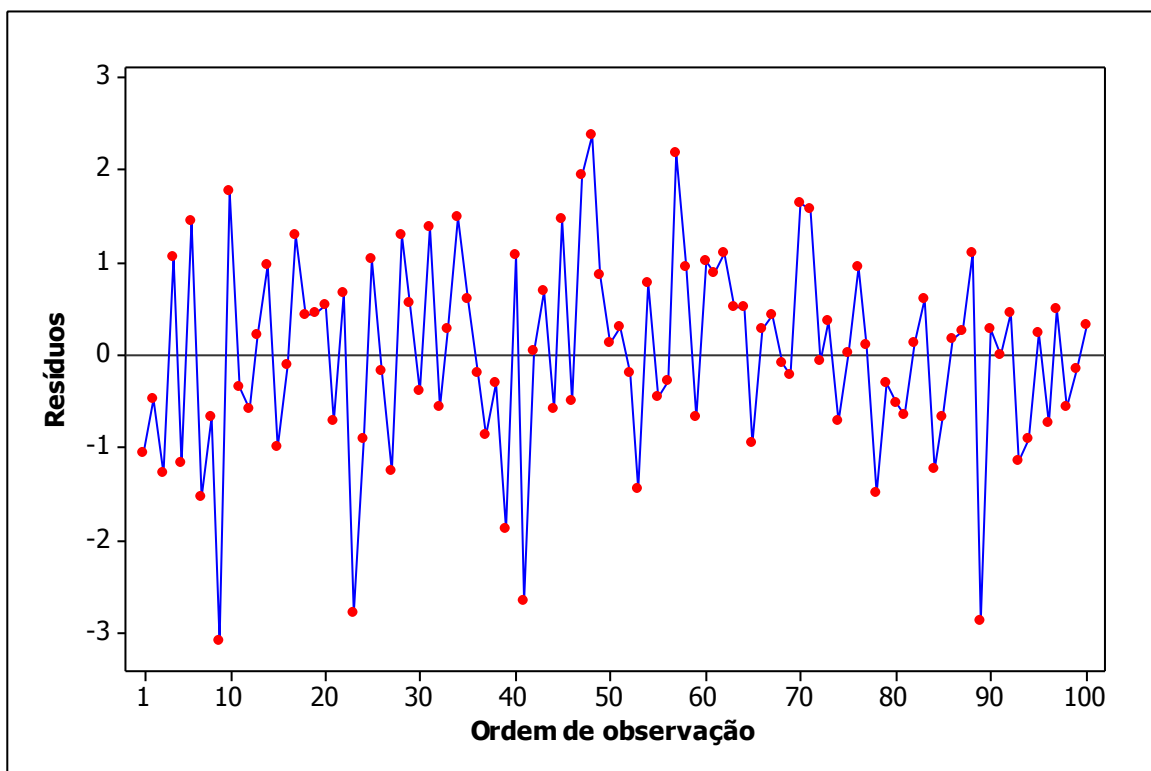


Figura 3.4: Resíduos x Ordem

Tabela 3.1: Teste de Normalidade.

Teste de Normalidade		
Teste	Estatística	P - Valor
Cramer - von Mises	0.034	> 0.25
Anderson - Darling	0.356	> 0.25

Assim, observando os resultados acima, percebemos homcedasticidade nos resíduos, ausência de tendência e normalidade dos mesmos.

3.3.4. Teste F

O teste F é utilizado para verificar a existência de relação entre a variável resposta e as covariáveis. As hipóteses definidas para este teste implicam em:

H_0 : nenhuma variável é significativa;

H_1 : pelo menos uma variável é significativa.

ou seja,

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p-1} = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq \beta_j, \text{ para ao menos um } i \neq j$$

sendo que $F = \frac{MSR}{MSE} \sim F_{(1-\alpha; p-1, n-p)}$, $MSR = \frac{Y' \left[H - \left(\frac{1}{n} \right) J \right] Y}{p-1}$ e $MSE = \frac{Y' [I - H] Y}{n-p}$

Se H_0 é aceito, conclui-se que nenhuma variável utilizada no ajuste do modelo é significativa para explicar a resposta, caso contrário pelo menos uma das variáveis é, portanto, o modelo é significativo.

3.3.5. Coeficiente de Determinação do Modelo

O coeficiente de determinação do modelo, conhecido como R^2 , é dado por:

$R^2 = \frac{SSR}{SST} * 1$, em que SSR é a soma de quadrados da Regressão e SST a soma de

quadrados total, sendo que $0 \leq R^2 \leq 1$,
onde,

$$SSR = b' X' Y - \left(\frac{1}{n}\right) Y' J \quad (3.13)$$

$$SST = Y' Y - \left(\frac{1}{n}\right) Y' J Y, \quad (3.14)$$

sendo J igual à uma matriz quadrada de ordem n de 1's.

Este coeficiente, muitas vezes é erroneamente utilizado para verificar a adequabilidade do modelo ajustado, como mostrou Anscombe([2]). Portanto, tal estatística deve ser olhada cuidadosamente para que conclusões errôneas não sejam tomadas. Vale destacar que neste trabalho, o coeficiente de determinação do modelo não é o único aspecto observado na análise de adequabilidade do modelo.

3.3.6. Coeficiente de Variação do Modelo

O coeficiente de variação trata de uma medida de dispersão que expressa a variabilidade de uma dada variável retirando a influência da ordem de grandeza da variável. Note que quanto menor o coeficiente mais homogêneo é o conjunto de dados.

O coeficiente de variação é definido por,

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.15)$$

ou ainda expresso na forma de porcentagem:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} 100\% \quad (3.16)$$

Destaca-se que a expressão (3.16) é bastante utilizada, visto que caracteriza a variabilidade dos dados em termos relativos à média. Outra característica importante do coeficiente de variação é que ele é adimensional e por isso pode ser utilizado para comparar dispersões de variáveis em unidades variadas.

3.4. Análise de Cluster ou Análise de Agrupamentos

A análise de *cluster* é um método estatístico que busca separar um determinado conjunto de observações em grupos homogêneos, de tal forma que a variabilidade dentro dos grupos seja menor do que entre os grupos, (Mardia ([8])). A importância do uso desta metodologia no problema em questão concentra-se no fato de que o uso de muitas tipologias implicaria em poucas observações para o ajuste de modelos de regressão, o que não seria tão interessante quanto um ajuste levando em consideração várias observações com certo grau de homogeneidade. Assim, trabalhando com este método, pode-se buscar a redução do número de tipologias e maximizar a qualidade do ajuste de modelos de regressão múltipla.

Basicamente, a análise de *cluster* é composta por técnicas de agrupamento que buscam uma estrutura natural dos dados. Essa técnica não requer nenhuma suposição acerca do número de grupos ou suas estruturas, podendo tais grupos ser constituídos por observações individuais, multivariadas ou agrupamentos multivariados de variáveis que são analisadas, segundo as similaridades e dissimilaridades existentes entre eles.

3.5. Construção dos Grupos

Os grupos a serem construídos baseiam-se nas diferenças ou semelhanças entre os indivíduos em estudo. Assim, para avaliar tais similaridades é necessário a utilização de medidas de similaridades. Dentre as existentes, a utilizada neste trabalho é a Distância Euclidiana, definida a seguir e mostrada na equação 3.1.

Seja $x' = (x_1, \dots, x_p)$ e $y' = (y_1, \dots, y_p)$ temos que a Distância Euclidiana será dada por:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2}. \quad (3.17)$$

3.6. Métodos Hierárquicos

Os procedimentos utilizados para agrupamentos nos métodos hierárquicos consistem em uma série de uniões ou divisões sucessivas de observações formando grupos, sendo que os resultados obtidos podem ser observados na forma de diagramas bidimensionais, os dendogramas. Dentre os métodos hierárquicos podemos citar o método de *linkagem* simples, *linkagem* completa e método de *ward*.

3.7. Verificação da Heterogeneidade entre Grupos

A idéia da criação de agrupamentos tem por objetivo a criação de classes cujos elementos possuem características homogêneas, sendo que estas classes são heterogêneas entre si. Para verificar estas a heterogeneidade entre os existe um teste que leva em consideração a suposição de normalidade, dado por:

Hipóteses:

H₀: As médias entre os grupos são iguais para a i^{th} variável

H₁: As médias entre os grupos não são iguais para a i^{th} variável

Assim, o teste é feito para todas as variáveis e espera-se na maioria das vezes que grupos diferentes possuam características diferentes entre si.

A estatística de teste é dada por $F_i = \frac{QMEC}{QMDC}$, $i = 1, 2, \dots, p$,

$$QMEC = \frac{\sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k-1}, \text{ e } QMDC = \frac{\sum_{l=1}^K \sum_{j=1}^k (x_{lj} - \bar{x}_l)^2}{n-k}, \text{ sendo } k \text{ o número de grupos}$$

formados.

3.8. Identificando o Número de Grupos

Quando técnicas de análise de *cluster* são utilizadas, um dos maiores problemas é a identificação e escolha do número de grupos a serem formados.

Uma maneira para determinar o número de grupos é por métodos gráficos (os dendogramas), criados a partir da metodologia hierárquica, como já foi descrito anteriormente (seção 3.6). Assim, deve-se observar nos gráficos onde existe o maior “salto” e realizar um “corte” e tomar o número de grupos formados abaixo deste ponto. Além dos métodos gráficos existem outras maneiras numéricas de se encontrar o número de grupos, como por exemplo, a utilização do R^2 , pseudo F e a estatística CCC.

Capítulo 4

4.1. Considerações Finais

Até o momento foi realizado um estudo de uma maneira simples e coerente de realizar as estimações descritas no Capítulo 2 assim como entender melhor como se dá o processo de construção de índices e o que são algumas covariáveis utilizadas.

Utilizando as metodologias descritas no Capítulo 3, espera-se encontrar modelos que possibilitem a predição de diversos tipos de indicadores utilizados na construção civil. Propõe-se ainda identificar dentre as covariáveis estudadas, quais são as que realmente impactam nos indicadores e o quão importantes são para as estimações.

Bibliografia

- [1] FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, *Diagnóstico nacional da indústria da construção*, Belo Horizonte, 1984.
- [2] FARAH, M. S. F. Diagnóstico tecnológico da indústria da construção civil: Caracterização geral do setor. In: *Tecnologia de Edificações*. São Paulo, Pini, 1992.
- [3] FREIRE, A. S., ; Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural – *Tese de mestrado* - São Carlos: UFSCar, 2008
- [4] Martins, Guilherme Lopes; Sistema On-Line de Indicadores de Projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural – Benchmark – *Primeiro relatório de Iniciação Científica* – São Carlos: UFSCar, 2009
- [5] NETER, John; WASSERMAN, William; KUTNER, Michael H.. *Applied linear regression models*. Homewood: IRWIN, 1983.
- [6] CRIBARI NETO, F. ; FERRARI, S. L. P. ; CORDEIRO, G. M. . Improved Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimators, *Biometrika* v. 87, n. 4, p. 907- 918, 2000.
- [7] Anscombe, F. J. Graphs in Statistical Analysis, *American Statistician*, 27 (February 1973), 17-21.
- [8] MARDIA, Kantilal Varichand; KENT, J.T.; BIBBY, J.M.. *Multivariate analysis*. London: Academic Press (Probability and Mathematical Statistic. A Series of Monographs and Textbooks)
- [9] Software, Minitab.

Referências Complementares

- [10] JOHNSON, Richard Arnold; WICHERN, Dean W.. *Applied multivariate statistical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.