

Aplicação das Inequações do primeiro grau no dimensionamento de escadas: Fórmula de Blondel

AZEVEDO, Fernanda Freitas de Oliveira¹

OLIVEIRA FILHO, Wilson Alves de¹

OLIVEIRA, João Marcos de Oliveira²

RESUMO

Para compreender desde logo a importância que a matemática para a Engenharia Civil, e mais precisamente o cálculo terá para a sua vida acadêmica e profissional, se realmente será o seu desejo caminhar por esse enigmático que é a ciência exata. Com isso os objetivos desta pesquisa foi analisar uma escada X com base na escala das dimensões a partir da fórmula de Blondel; comparar os resultados obtidos a partir da fórmula de Blondel às normas da NBR9077; entender a importância do cálculo para a Engenharia Civil. Para isso optou-se por desenvolvê-los através do método de pesquisa exploratória, pois de acordo com Gil (1999) através desse método, dentre outras coisas, se torna possível esclarecer algumas ideias já pré-estabelecidas. Concluiu-se então que a partir da pesquisa feita em campo, os objetivos propostos considera-se que todos foram atingidos satisfatoriamente, pois, pode-se analisar as dimensões de uma escada a partir da fórmula de Blondel. Sendo possível ainda, comparar essas dimensões às determinadas pelas normas NBR 9077 e 9050, que estabelecem, entre outras coisas as regras para se construir escadas.

Palavras chave: Fórmula de Blondel, Cálculo, Inequação de primeiro grau, Aplicação, Engenharia Civil

ABSTRACT

What is a desire for what is an enigmatic one that is an exact science, and is precisely what is a problem for your academic and professional life. With these objectives the research was to analyze an X ladder based on the scale of the dimensions from the Blondel formula; Compares the results obtained with the Blondel formula to the norms of NBR9077; Understand the importance of calculation for Civil Engineering. (1999) through the method, among other things, it becomes possible to develop some pre-defined ideas. It is concluded, then, from the research done in the field, the proposed objectives are considered in all aspects, and can be analyzed as dimensions of a ladder from the Blondel formula. It is also possible, compared in the dimensions in the norms by norm NBR 9077 and 9050, that situate, among other things like rules to build stairs.

Keywords: Blondel's Formula, Calculus, First Degree Inequality, Application, Civil Engineering

¹ Acadêmicos do curso Engenharia Civil da Faculdade ISEIB/PROMINAS.

² Mestre em Matemática e Unimontes e professor de Cálculo pela Faculdade ISEIB/Prominas

Introdução

A engenharia é o ramo da ciência exata que permite a aplicação do conhecimento transformando algo hipoteticamente e sistematicamente imaginado e algo real e materializado. Sendo assim, a função do engenheiro é aplicar a melhor técnica para satisfazer essa necessidade, e essa concepção pode ser aplicada a vários ramos. A engenharia civil é um desses ramos que se refere a toda atividade voltada ao desenvolvimento da infraestrutura, tão necessária para o desenvolvimento da sociedade (SILVA, 2017). E, por isso, é que para se conseguir esse título uma das atribuições do estudante é compreender a importância que a matemática, e o cálculo tem para esse curso.

Já dizia Leonardo da Vinci, “nenhuma investigação humana pode ser chamada realmente Ciência, se não puder ser demonstrada matematicamente”, cabe, portanto, ao engenheiro saber aplicá-la corretamente.

E no que se refere à sua aplicabilidade, Willian. F. Osgood, entende que “O Cálculo é a maior ajuda de que dispomos para a aplicação da verdade física ao mundo no sentido mais vasto” (RITACCS, 2017)

Leite et al. (2016) explicam que:

O cálculo, além das utilidades conhecidas como ferramenta necessária à todas as atividades de engenharia, serve para disciplinar nossas mentes a desenvolver um raciocínio lógico acentuando sua capacidade para rápida resolução de problemas cotidianos de forma organizada. Esta é uma das razões pela qual os engenheiros são quase sempre bons administradores.

De acordo com Sales (2016)

Estudar as superfícies diferenciáveis, conhecer bem os gráficos, otimizações, saber encontrar os pontos de máximo e mínimo... Todas essas coisas são essenciais para um bom engenheiro... Imagina você construir um edifício sem calcular o peso de tudo que a base vai ter que aguentar.

Partindo desses entendimentos, é que se fez importante mostrar a aplicabilidade do cálculo no curso de engenharia desde períodos iniciais. Desse modo, foi proposto pelo professor João Marcos de Oliveira e execução de um trabalho que permitiu colocar em prática o conhecimento apreendido em sala de aula, através da aplicação de funções para encontrar as dimensões de uma escada pronta, e para isso aplicou-se ainda a fórmula de Blondel. E com isso permitir colocar fazer valer o que diz Cristina (2017) quando coloca que “outra

capacidade de seu perfil é a de saber transferir as ideias da prancheta para o mundo real, transformando números em processos eficientes e produtos funcionais”.

Conforme se encontra na Wikipédia (2017)

Os engenheiros aplicam as ciências físicas e matemáticas na busca por soluções adequadas para problemas ou no aperfeiçoamento de soluções já existentes. Mais do que nunca, aos engenheiros é agora exigido o conhecimento das ciências relevantes para os seus projetos, o que resulta que eles tenham que realizar uma constante aprendizagem de novas matérias ao longo de todas as suas carreiras.

Assim, pode-se dizer que este pode ser um passo importante para o estudante de engenharia, para compreender desde logo a importância que a matemática, e mais precisamente o cálculo terá para a sua vida acadêmica e profissional, se realmente será o seu desejo caminhar por esse enigmático que é a ciência exata.

Com isso, os objetivos da pesquisa foram: analisar uma escada X com base na escala das dimensões a partir da fórmula de Blondel; comparar os resultados obtidos a partir da fórmula de Blondel às normas da NBR9077, e; entender a importância do cálculo para a Engenharia Civil.

Materiais e métodos

Buscando atingir os objetivos estipulados através desse trabalho, optou-se por desenvolvê-lo através da tipologia exploratória, pois de acordo com Gil (1999) através desse método, dentre outras coisas, se torna possível esclarecer algumas ideias já pré-estabelecidas.

O objeto desta pesquisa será a pesquisa em campo cuja observação permitiu atingir um resultado através da coleta de dados que permitiu também é considerada uma coleta de dados para conseguir obter informações necessárias aos objetivos propostos. Tendo em vista, que de acordo com Marconi & Lakatos (1996, p. 79) a observação ajuda o pesquisador a “[...] identificar e obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento” E ainda ter um contato mais direto com a realidade. Para isso, a observação será de cunho assistemático, por não ser necessário métodos especiais para registrar os dados coletados.

Sendo assim, esta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois propicia o aprofundamento da investigação por meio de análise direta do conteúdo estudado (GIL, 1999).

A técnica de análise dos dados coletados será descritiva tendo em vista a necessidade de se descrever as características da escada escolhida para desenvolvimento da pesquisa, e estabelecer a relação desse fenômeno a outra variável, que se fundará na norma de Blondel e na NBR9077.

Para coletar os dados necessários, a equipe utilizou de instrumentos como uma trena, papel e caneta para anotação dos dados e máquina fotográfica para registro visual do local da pesquisa.

Resultados e discussão

Com a finalidade de incentivar os alunos a colocar em prática o conteúdo apreendido em sala de aula, foi proposto um estudo em campo que permitisse aplicar o cálculo na análise do dimensionamento de uma escada.

De acordo com Pontifícia Universidade Católica (2017) “as escadas constituem meio de circulação vertical não mecânico que permite a ligação entre planos de níveis diferentes”. E são constituídas das seguintes partes:

Degraus – pisos + espelhos

Pisos – pequenos planos horizontais que constituem a escada.

Espelhos – planos verticais que unem os pisos.

Patamares – pisos de maior largura que sucedem os pisos normais da escada, geralmente ao meio do desnível do pé direito, com o objetivo de facilitar a subida e o repouso temporário do usuário da escada.

Lances – sucessão de degraus entre planos a vencer, entre um plano e um patamar, entre um patamar e um plano e entre dois patamares.

Guarda-corpo e corrimão – proteção em alvenaria, balaústre, grades, cabos de aço etc na extremidade lateral dos degraus para a proteção das pessoas que utilizam a escada (GUERRA, 2017).

As explanações foram feitas através de um relatório que permitiu expor toda a experiência vivenciada nessa atividade prática, e descritos os resultados que foram obtidos a partir da problemática estabelecida, que foi a de analisar as características de uma escada qualquer a partir da tabela de Blondel.

O arquiteto francês Nicolas-François Blondel (1618-1686) todo e qualquer escada deve possuir os Degraus e Espelhos de tamanhos que permitam um caminhar confortável e

seguro. Para isso, ele efetuou um estudo prático da energia dispendida para subir e descer escadas.

Estudando o Passo (distância percorrida pelo pé durante a marcha normal em um plano horizontal), Blondel observou que o passo diminui (fica mais curto) quando a pessoa sobe uma escada. Observou também que quanto mais alto o degrau menor é o passo. E, repetindo as experiências e medindo o passo e a altura do degrau chegou à conclusão de que existe uma relação de proporcionalidade entre o passo e a altura do degrau. Sua conclusão é que cada vez que sobe um "pouce", o valor da porção horizontal é reduzido em duas "pouces". *Pouce* é a unidade em que se media distâncias naquela época. Podemos traduzir a conclusão de Blondel como "cada vez que a altura do degrau aumenta um centímetro, o passo diminui dois centímetros".

Sendo assim, para efetuar a pesquisa utilizou-se da seguinte formula, conhecida como fórmula de Blondel:

$$M = 2H + g$$

onde:

M = Module ou le pas, que é o Passo, o tamanho do passo da pessoa;

H = hauteur, que é a altura entre um degrau e outro;

g = giron, que é a distância horizontal entre duas quinas consecutivas numa escada (em outras palavras, a largura de um degrau)

Com base nessas condições, estabelecidas por Blondel, considera-se que as dimensões de uma escada devem estar dentro das medidas apresentadas na tabela 1

Tabela 1 - DIMENSÕES estabelecidas a partir da Teoria de Blondel:

LARGURA DO DEGRAU (cm)		
ALTURA DO DEGRAU	MINIMA	MAXIMA
18,0	27,0	28,0
17,9	27,2	28,2
17,8	27,4	28,4
17,7	27,6	28,6
17,6	27,8	28,8
17,5	28,0	29,0
17,4	28,2	29,2
17,3	28,4	29,4
17,2	28,6	29,6
17,1	28,8	29,8
17,0	29,0	30,0
16,9	29,2	30,2
16,8	29,4	30,4
16,7	29,6	30,6
16,6	29,8	30,8

16,5	30,0	31,0
16,4	30,2	31,2
16,3	30,4	31,4
16,2	30,6	31,6
16,1	30,8	31,8
16,0	31,0	32,0

Outra norma que trata das dimensões de escadas é a NBR 9050 de 2015 que trata de acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, e conceitua escada como “uma sequência de três degraus ou mais”. E se tratando de escada em área externa ainda entende que esta é uma rota de acesso, ou seja:

rota acessível trajeto contínuo, desobstruído e sinalizado, que conecte os ambientes externos ou internos de espaços e edificações, e que possa ser utilizado de forma autônoma e segura por todas as pessoas, inclusive aquelas com deficiência e mobilidade reduzida. A rota acessível pode incorporar estacionamentos, calçadas rebaixadas, faixas de travessia de pedestres, pisos, corredores, escadas e rampas, entre outros (NBR9050, 2015)

Do mesmo modo a NBR 9050, estabelece as dimensões dos pisos e espelhos devem ser constantes em toda a escada ou degraus isolados. Para o dimensionamento, devem ser atendidas as seguintes condições:

- | |
|--|
| <p>a) $0,63 \text{ m} \leq p + 2e \leq 0,65 \text{ m}$,</p> <p>b) pisos (p): $0,28 \text{ m} \leq p \leq 0,32 \text{ m}$ e</p> <p>c) espelhos (e): $0,16 \text{ m} \leq e \leq 0,18 \text{ m}$;</p> |
|--|

De acordo com a NBR 9077 (1993) o dimensionamento de degraus e patamares devem atender as seguintes exigências:

- ter altura h compreendida entre 16,0 cm e 18,0 cm, com tolerância de 0,05 cm;
- ter largura b dimensionada pela fórmula de Blondel: $63 \text{ cm} \leq (2h + b) \leq 64 \text{ cm}$
- ser balanceados quando o lanço da escada for curvo (escada em leque), caso em que a medida do degrau (largura do degrau) será feita segundo a linha de percurso e a parte mais estreita destes degraus ingrauxidos não tenha menos de 15 cm;
- ter, num mesmo lanço, larguras e alturas iguais e, em lanços sucessivos de uma mesma escada, diferenças entre as alturas de degraus de, no máximo, 5 mm;
- ter bocel (nariz) de 1,5 cm, no mínimo, ou, quando este inexistir, balanço da quina do degrau sobre o imediatamente inferior com este mesmo valor mínimo

Além disso essa norma estabelece que “o lanço mínimo deve ser de três degraus e o lanço máximo, entre dois patamares consecutivos, não deve ultrapassar 3,70 m de altura (NBR9077, 1993) .

Já a largura das escadas deve ser estabelecida de acordo com o fluxo de pessoas, conforme ABNT NBR 9077. A largura mínima para escadas em rotas acessíveis é de 1,20 m, e deve dispor de guia de balizamento. Ou seja, de acordo com essa norma, no que se refere a largura das escadas deve-se, observar os seguintes requisitos:

- a) ser proporcionais ao número de pessoas que por elas devam transitar em caso de emergência;
- b) ser medidas no ponto mais estreito da escada ou patamar, excluindo os corrimãos (mas não as guardas ou balaustradas), que se podem projetar até 10 cm de cada lado, sem obrigatoriedade de aumento na largura das escadas;
- c) ter, quando se desenvolver em lanços paralelos, espaço mínimo de 10 cm entre lanços, para permitir localização de guarda ou fixação do corrimão (NBR9077, 1993).

Assim, escolhida a escada para efetuar a pesquisa passou-se a medi-la para efetuar os devidos cálculos e comparar seus resultados aos estabelecidos por Blondel como medidas ideais.

Figura 1: Escada da parte externa da Faculdade ISEIB, localizada na entrada lateral, próximo à cantina.



Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

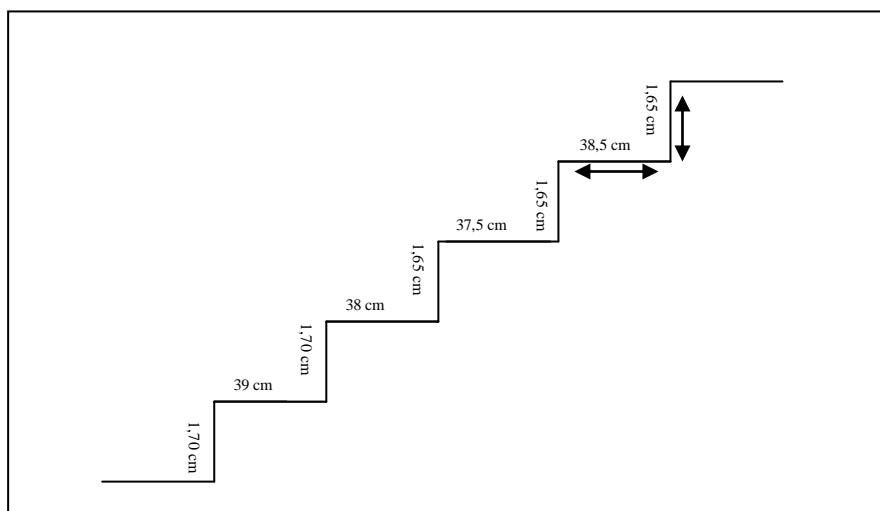
Tabela 2 – Medidas da escada escolhida para pesquisa

	Degrau 1	Degrau 2	Degrau 3	Degrau 4	Degrau 5
Altura	17 cm	17cm	16,5 cm	16,5 cm	16,5 cm
Largura	39 cm	38 cm	37,5 cm	38,5 cm	-
Comprimento	1,60 cm	1,60 cm	1,59 cm	1,59 cm	1,59 cm

Fonte: Pesquisa de campo, 2017

Para melhor visualizar as dimensões foram expostas através da figura seguinte:

Figura 2 – Dimensões da escada analisada



Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

E por caráter de curiosidade, considera-se que esta escada ainda esta de acordo com as normas determinadas pela NBR9050, pois, a mesma entende que em construções novas, o primeiro e o último degraus de um lance de escada devem distar no mínimo 0,30 m da área de circulação adjacente e devem estar sinalizados, e esta escada também atendem esse quesito, conforme mostra foto anexada (NBR9050, 2015). Pois, de acordo com NBR-9077, as condições para analisar essas dimensões, está de acordo com o passo de uma pessoa, cuja medida é de um Passo = 63cm ou com Passo = 64cm. E neste caso, ficou-se confirmado que a media do passo esta dentro desta medida.

Figura 3 – Demonstração do conforto da escada



Fonte: pesquisa de campo, 2017

Todos os degraus de uma escada deve ter a mesma altura e a mesma largura. Isto significa que não é aceitável uma escada que tenha degraus com alturas diferentes ao longo do lance nem larguras diferentes ao longo do lance.

Um problema identificado é que a variação entre um degrau e outro em alguns casos ultrapassa a tolerância de 0,05cm, como determina a NBR 9077, ou seja, “a variação máxima entre um degrau e outro não pode ser maior que 0,05 centímetros” (OAKI et al. 2014). E ainda, ao que se refere a altura h , compreendida entre 16,0 e 18,0 centímetros, esta totalmente de acordo, pois ao que se refere à tolerância é entre o máximo e o mínimo, não podendo ultrapassa de 0,05 centímetros.

Regra N^o 2: Os degraus devem ter altura h compreendida entre 16,0 e 18cm com tolerância de 0,05cm

Isto significa que o degrau mais baixo possível terá 16 centímetros de altura. Escada com degraus com altura menor que 16 centímetros não será uma escada confortável.

Também significa que o degrau mais alto possível terá 18 centímetros de altura. Escada com degraus com altura maior que 18 centímetros não será uma escada confortável.

Sendo assim, analisando a tabela acima, e com base nas normas estabelecidas, bem como a comparação à teoria de Blondel, pode-se dizer que essa escada esta dentro dos padrões, porém precisa ser avaliado sobre o fato de, se ainda está em piso grosso, se esta for permanecer assim, ótimo, mas se precisar colocar contra-piso, argamassa, etc, essas medidas serão modificadas podendo fugir do padrão de qualidade estabelecidas pelas NBRs,

Conclusão

Considerando a pesquisa feita em campo, bem como os objetivos propostos considera-se que todos foram atingidos satisfatoriamente, pois, pode-se analisar as dimensões de uma escada a partir da fórmula de Blondel.

Sendo possível ainda, comparar essas dimensões às determinadas pelas normas NBR 9077 e 9050, que estabelecem, entre outras coisas as regras para se construir escadas.

Mas o mais importante, foi compreender que o calculo e a matemática são de sua importância para a Engenharia, independente de seu ramo, tendo em vista que essas matérias permitem tornar o concretude de um projeto mais perfeito e padronizado.

Importa ainda reconhecer o quão importante é a matemática ser inserida desde o inicio do curso, e o qual importante é reaperesentatar todas as possibilidades de uso da matemática, pois, quando se trata de trabalhar com ciências exatas, a matemática se torna fundamento essencial. Através da formula de blondel, conseguiu-se utilizar-se da inequação que tem a propriedade de expressar desigualdades na matemática.

REFERÊNCIAS

ALCOA. **Gradil universal**: normas e resultados. Disponível em:

<<http://www.alcoa.com/brazil/catalog/pdf/GRADIL-normas.pdf>>. Acesso em: 07/03/2017.

AOKI Suely Midor; GARCIA NETO, José dos Santos e TAKARA, Eriki Masahiko. **Calcular Escadas**. Centro Universitário UNICAPITAL e Faculdades Integradas Paulista FIP Engenharia de Automação e Controle Engenharia Elétrica Engenharia Civil São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004. 97p. Disponível em: <www.mj.gov.br/corde/arquivos/ABNT/NBR9050-31052004.pdf>. Acesso em: 07/03/2017.

_____. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001. 35p.

CRISTINA, Marcelly. **A matemática na engenharia**. 15 de setembro de 2015. Disponível em: <https://abordandoamatematica.wordpress.com/2015/09/17/a-matematica-na-engenharia/>. Acesso em: 07/03/2017.

LEITE, Vitor Marcelino Bessa; SACRAMENTO, Acácia Santos Dos; ALMEIDA, Thomas Gomes; GUSMÃO, Ramon; OLIVEIRA, Gabriel. **Importância do Cálculo Diferencial (Derivadas) nas Engenharias**. ILHÉUS-BA, 2016. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhAvAAK/calculo-completo>. Acesso em: 07/03/2017.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

GERRA, Ruy Berafim de Teixeira. **Dimensionamento de escadas segundo a NBR 9077**. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/12/dimensionamento-de-escadas-segundo-nbr.html>. Acesso em: 07/03/2017.

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA (PUC). **Apostila de circulações verticais**. Rio de Janeiro. (Disciplina Desenho de Arquitetura do Curso de Arquitetura e Urbanismo). Disponível em: <http://wwwusers.rdc.pucRio.br/representarquitetura/da1/desenho1_circverticais_notas.pdf>. Acesso em: 07/03/2017

SILVA, Rita de Cássia Carvalho. **Importância da Matemática na Engenharia**. Disponível em: <http://www.ritaccs.pro.br/importancia-da-matematica-na-engenharia-14411.php>. Acesso em: 07/03/2017.