



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA (IME)
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL (PROFMAT)

RICARDO IARAS DA SILVA

Pressão e coeficientes dinâmicos do vento:
uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM

GOIÂNIA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Ricardo Iaras da Silva

3. Título do trabalho

Pressão e coeficientes dinâmicos do vento: uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Geci Jose Pereira Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2025, às 11:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Iaras Da Silva, Discente**, em 07/03/2025, às 19:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5207139** e o código CRC **B63440D3**.

RICARDO IARAS DA SILVA

Pressão e coeficientes dinâmicos do vento:
uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, em 26 de fevereiro de 2025, do Instituto de Matemática e Estatística (IME), da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Área de concentração: Matemática do Ensino Básico.

Orientador: Prof. Dr. Geci José Pereira da Silva

GOIÂNIA

2025

Silva, Ricardo Iaras da

Pressão e coeficientes dinâmicos do vento: uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM [manuscrito] / Ricardo Iaras da Silva. - 2025.

123 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Geci José Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Matemática e Estatística (IME), PROFMAT - Programa de Pós-graduação em Matemática em Rede Nacional - Sociedade Brasileira de Matemática (SBM), Goiânia, 2025.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. STEAM. 2. Vento. 3. Bernoulli. 4. NBR 6123:2023. 5. Modelagem. I. Silva, Geci José Pereira da, orient. II. Título.

CDU 51



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 32 da sessão de Defesa de Dissertação de Ricardo Iaras da Silva, que confere o título de Mestre em Matemática, na área de concentração em Matemática do Ensino Básica.

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, a partir das 14:30h, por meio de videoconferência (<https://meet.google.com/ekn-fhqo-qji>), realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “Pressão e coeficientes dinâmicos do vento: uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Geci José Pereira da Silva (IME/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: o Professor Doutor Alacyr José Gomes (IME/UFG) e a Professora Doutora Luciana Aparecida Elias (ICET/UFJ), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Geci José Pereira da Silva, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e seis dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e cinco.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Aparecida Elias, Usuário Externo**, em 01/03/2025, às 21:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alacyr Jose Gomes, Professor do Magistério Superior**, em 05/03/2025, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geci Jose Pereira Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2025, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5162819** e o código CRC **FCF630AB**.

Referência: Processo nº 23070.008176/2025-48

SEI nº 5162819

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial deste trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Ricardo Iaras da Silva graduou-se em Matemática pela Universidade Federal de Goiás. Graduou-se em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Professor da rede privada e professor efetivo da rede estadual de ensino de Goiás desde 2006.

Dedico este trabalho às pessoas que trouxeram sentido à minha existência: meus pais, minha esposa Carmelucia, pelo apoio imensurável, carinho e atenção, e principalmente às minhas filhas Isadora e Sofia, que sempre estiveram presentes em cada momento desta conquista.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus pela permissão de desfrutar do dom da vida e por me conceder resiliência para superar todos os obstáculos encontrados durante a realização deste trabalho.

À minha esposa, Carmelucia, pela sua presença e apoio incondicional na realização desta etapa acadêmica.

Às minhas filhas, Isadora e Sofia, por compreenderem que a minha ausência foi necessária durante esta etapa de estudos, superações e conquistas.

Aos meus pais, Nair e Inês, pelo carinho, estímulo e apoio sem os quais o caminho percorrido seria bem mais árduo.

Aos meus colegas de curso, pela partilha de alegrias, experiências e ajuda nas dificuldades.

Aos meus colegas de trabalho, que em maneiras e tempos distintos, auxiliaram na realização deste trabalho. Em especial Diego Ayala, Tiago Rodrigues, Beatriz e Ir. Mônica.

Aos professores, em especial ao professor Geci José, pela competência, orientação e pela sensibilidade humana.

À coordenação e a equipe do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional da UFG, pela disponibilidade e atenção.

À CAPES, pelo suporte financeiro durante a realização do curso, proporcionando a oportunidade de dedicação aos estudos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, me proporcionando evolução pessoal e profissional.

Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.

São Francisco de Assis

Resumo

Esta dissertação tem por objetivo analisar a viabilidade do uso na Educação Básica da pressão e coeficientes dinâmicos do vento, modelados sob a perspectiva da Equação de Bernoulli, no contexto do STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). Nesse sentido, o estudo busca transcender a abordagem restrita ao ensino superior, utilizando propostas de atividades pautadas na aplicação da função quadrática, comum em instrumentos educacionais potenciais, acessível ao nível sugerido. Baseando-se em documentos oficiais, normas técnicas vigentes, nas concepções de conservação de energia e na Equação de Bernoulli, buscamos utilizar as experiências derivadas do cotidiano e das Engenharias, com enfoque na adaptação para aplicações no Ensino Fundamental e Médio. Iniciaremos a análise dos parâmetros educacionais e da cosmogonia do vento, vinculada às civilizações e à evolução da Ciência, com respaldo matemático e tecnológico das aplicações pautadas na norma técnica NBR 6123:2023 Forças devidas ao vento em edificações. Em seguida, abordaremos as causas e consequências de acidentes decorrentes do desconhecimento relacionado à origem, velocidade e pressão dinâmica do vento. Na sequência, realizaremos uma análise dos documentos oficiais que regem os dados dos acidentes causados pelo vento no Brasil. Neste contexto, propomos que uma abordagem exploratória do tema, ainda na Educação básica, pode contribuir para a redução dos índices de acidentes e prejuízos resultantes da inexperiência sobre o assunto. Portanto, buscamos demonstrar que o vento possui um grande potencial para a modelagem matemática no âmbito do STEAM, integrando áreas e conceitos, que podem enriquecer o aprendizado.

Palavras-chave: STEAM; modelagem; vento; Bernoulli; NBR 6123:2023; função quadrática.

Abstract

This dissertation aims to analyze the feasibility of using pressure and dynamic wind coefficients in Basic Education, modeled from the perspective of the Bernoulli Equation, in the context of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). In this sense, the study seeks to transcend the approach restricted to higher education, using proposals for activities based on the application of the quadratic function, common in potential educational instruments, accessible at the suggested level. Based on official documents, current technical standards, concepts of energy conservation and the Bernoulli Equation, we seek to use experiences derived from everyday life and Engineering, with a focus on adaptation for applications in Elementary and Secondary Education. We will begin the analysis of educational parameters and the cosmogony of wind, linked to civilizations and the evolution of Science, with mathematical and technological support for applications based on the technical standard NBR 6123:2023 Forces due to wind in buildings. Next, we will address the causes and consequences of accidents resulting from lack of knowledge related to the origin, speed and dynamic pressure of the wind. Next, we will carry out an analysis of the official documents that govern data on accidents caused by wind in Brazil. In this context, we propose that an exploratory approach to the topic, even in Basic Education, can contribute to reducing accident rates and losses resulting from inexperience on the subject. Therefore, we seek to demonstrate that wind has great potential for mathematical modeling within the scope of STEAM, integrating areas and concepts that can enrich learning.

Keywords: STEAM; modeling; wind; Bernoulli; NBR 6123:2023; quadratic function.

Lista de Figuras

Figura 1 — Gráfico parcial OCDE – PISA 2022, performance em matemática.....	22
Figura 2 — Aprendizado adequado em matemática, ensino médio, em 2007 e 2019 (IDEB).	23
Figura 3 — O modelo de Jantsch para interação entre disciplina	25
Figura 4 — Diagrama estrutural para análise a natureza interativa da prática e do estudo dos campos formais da ciência, tecnologia, engenharia, matemática e artes.....	27
Figura 5 — Diagrama STEAM	29
Figura 6 — Torre dos ventos em Atenas.....	36
Figura 7 — Os painéis de relevo no friso da Torre dos Ventos, neste painel, o deus do vento Bóreas	37
Figura 8 — Desenho original do helicóptero de Leonardo da Vinci.....	38
Figura 9 — Pêndulo de Foucault no Pantheon de Paris	39
Figura 10 — O efeito da força de Coriolis	40
Figura 11 — Equilíbrio de forças entre o gradiente de pressão e a força de Coriolis (esquerda) e a formação dos ventos geostróficos paralelo a isóbaras (direita)	41
Figura 12 — Padrões gerais de circulação atmosférica sobre uma Terra idealizada com uma superfície uniforme (esquerda) e a Terra real (direita). Padrões horizontais e verticais de circulação atmosférica são retratados no diagrama da Terra real.....	41
Figura 13 — Esquema mostrando o vento gradiente que representa um balanço entre a força de gradiente de pressão, a força de Coriolis e a força centrífuga.....	43
Figura 14 — Experiência de Torricelli em 1643, barômetro de mercúrio (Hg).....	44
Figura 15 — Altitude x Pressão	46
Figura 16 — Escoamento de uma partícula no plano xz (esquerda); descrição do escoamento utilizando as coordenadas da linha de corrente (direita)	47
Figura 17 — Volume de um fluido	47
Figura 18 — Vazões com seções distintas	48
Figura 19 — Altura total	48
Figura 20 — Ações externas do vento em uma edificação	49
Figura 21 — Isóbaras de pressão e velocidade do vento Hemisfério Sul	51
Figura 22 — Velocidade do vento em área oceânica no Hemisfério Sul.....	52
Figura 23 — Pressão $q = 126,5625 \text{ Kg/m}^2$ para $V_k = 45 \text{ [m/s]}$, animação Geogebra.....	53
Figura 24 — Variação da energia cinética e energia potencial, simulação PhET.....	54
Figura 25 — Fluido e pressão, simulação PhET	55

Figura 26 — Distribuição da população brasileira em 2022	56
Figura 27 — Populações residente do Brasil: situação de domicílio e grau de urbanização 1940/2022	57
Figura 28 — Contraste urbano, Paraisópolis em São Paulo.....	58
Figura 29 — Uma tempestade em Manaus ultrapassa a divisa entre a floresta amazônica e a cidade.....	59
Figura 30 — Protocolos por grupo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023	62
Figura 31 — Protocolos por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023	63
Figura 32 — Danos materiais por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023.	63
Figura 33 — Prejuízo público por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023	64
Figura 34 — Prejuízo privado por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023.....	64
Figura 35 — Óbitos por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023.....	65
Figura 36 — Barracão destruído pelo vento em Matão.....	66
Figura 37 — Cobertura RTD Engenharia e WEG Solar (SEL/EESC/USP).....	67
Figura 38 — Velocidade média do vento em São Carlos.....	68
Figura 39 — Trabalhadores ficam pendurados após cabo de aço arrebentar durante temporal, Goiânia – GO.....	69
Figura 40 — Destelhamento durante tempestade em Ribeirão das Neves – MG	69
Figura 41 — Mapa de isopleias NBR 6123:2023	70
Figura 42 — Procedimento de cálculo do fator S1 para taludes e morros	71
Figura 43 — Sentido em um escoamento de ar bidimensional (Figura 2 - NBR 6123:2023). 72	
Figura 44 — Relação de valores de S2 por categoria.....	76
Figura 45 — Ventos a 0° e 90° em estrutura prismática de projeção retangular	79
Figura 46 — Afunilamento do vento entre duas torres residenciais, Goiânia, GO.....	80
Figura 47 — Deflexão do vento na direção vertical (A) e turbulência da esteira (B).....	80
Figura 48 — Outdoor cai na Índia durante tempestade e deixa 14 mortos e ao menos 74 feridos	85
Figura 49 — Acidente com outdoor, Goiânia - GO	85
Figura 50 — Idoso é derrubado por ventania, rajadas chegaram a 70 [km/h]	86
Figura 51 — Carreta estacionada tomba sob ação do vento, a velocidade chegou a 157 [km/h]	87
Figura 52: Escala Beaufort	89
Figura 53 — Mapa de isopleias do Brasil, velocidade em [m/s].....	92
Figura 54 — arrasto em automóveis nos anos de 1920 e 2010	94

Lista de Tabelas

Tabela 1 — Aprendizado adequado em matemática, ensino médio, em 1995 e 2015 (IDEB).	22
Tabela 2 — As 8 inteligências de Gardner.....	28
Tabela 3 — Contextos, assuntos ou temas correlatos a pesquisa e compreensão do vento	30
Tabela 4 — Dados de desastres climáticos no Brasil entre 1991 e 2023	61
Tabela 5 — Rugosidade do terreno (Adaptação do Autor).....	73
Tabela 6 — Dimensões da estrutura para cálculo de S_2 (Adaptação do Autor).....	74
Tabela 7 — Fatores meteorológicos para cálculo de S_2	75
Tabela 8 — Fator de rajada para cálculo de S_2	75
Tabela 9 — Fator S_2	76
Tabela 10 — Fator S_3	77
Tabela 11 — Coeficientes de arrasto.....	81
Tabela 12 — Coeficiente de arrasto	90
Tabela 13 — BNCC Comentada para o Ensino Médio - Instituto Reúna.....	116

Sumário

INTRODUÇÃO	18
1. O CENÁRIO EDUCACIONAL	21
1.1 Indicadores nacionais e internacionais	21
1.2 Os indicadores e a transdisciplinaridade.....	24
1.3 O STEAM como estrutura transdisciplinar	25
1.3.1 Origem dos acrônimos STEM e STEAM.....	26
1.3.2 O STEAM e as inteligências múltiplas	28
1.3.3 O vento, o STEAM e a dinâmica dos fluidos	30
1.3.4 O STEAM, a norma de vento e a modelagem matemática.....	33
2. O VENTO, BERNOULLI E A DINÂMICA DOS FLUIDOS.....	35
2.1 O vento.....	35
2.2 A Mitologia e a ciência.....	35
2.3 Pressão atmosférica	43
2.3.1 Torricelli e a pressão atmosférica	43
2.3.2 A pressão atmosférica e as unidades de medida.....	44
2.4 A modelagem da Equação de Bernoulli e a dinâmica dos fluidos.....	46
2.4.1 A Equação de Bernoulli.....	47
2.4.2 A Equação de Bernoulli e o STEAM	51
3. EXPLORANDO O VENTO V_K	56
3.1 O Brasil e o adensamento populacional.....	56
3.2 NBR 6123:2023 e a segurança técnica	60
3.3 Desastres meteorológicos e a NBR 6123:2023	60
3.4 O vento no brasil e a NBR 6123:2023	65
3.5 Efeitos da ação do vento	66
3.6 Determinação da velocidade característica.....	70
3.6.1 O fator S_1	71
3.6.2 Rugosidade do terreno, dimensões da edificação, estrutura ou componente e altura	

sobre o terreno: Fator S_2	73
3.6.2.1 Rugosidade do terreno	73
3.6.2.2 Dimensões da edificação, estrutura ou componente.....	74
3.6.2.3 Altura sobre o terreno	75
3.6.3 Fator estatístico S_3	77
3.6.4 Pressão dinâmica	77
3.6.5 Coeficientes aerodinâmicos para edificações	78
3.6.6 Considerações excepcionais	79
3.6.7 Coeficiente de Arrasto	81
4. APLICAÇÕES STEAM UTILIZANDO A NBR 6123:2023	84
4.1 Atividades propostas.....	87
4.1.1 Acidente com outdoor.....	88
ATIVIDADE 01	88
4.1.2 Pessoa derrubada pela força do vento.....	91
ATIVIDADE 02	91
4.4.3 Veículos e coeficientes de arrasto.....	94
ATIVIDADE 03	94
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS	97
ANEXOS	103
ANEXO A APLICAÇÃO DO SOFTWARE VISUAL VENTOS.....	94
ANEXO B BNCC COMENTADA PARA O ENSINO MÉDIO.....	116

Introdução

Versa sobre esta pesquisa a compreensão do cenário educacional comparativo a parâmetros matemáticos nacionais e internacionais, utilizando-os como norte para uma abordagem na Educação Básica, pautada na compreensão holística do vento como fenômeno climático natural, centrada na exploração e interpretação do Teorema de Bernoulli aplicado a dinâmica dos fluidos.

O estudo da dinâmica dos fluidos aplicado ao vento, proporciona o entendimento do fenômeno que ao ser modelado, permite determinar a grandeza dos esforços a serem suportados em estruturas naturais intrínsecas a topografia e bioma, ou em espaços antrópicos como as edificações existentes e a construir. Questões técnicas, aplicadas a projetos estruturais e perguntas singulares, derivadas de problemas cotidianos causados pela ação do vento, versam sobre a mesma questão.

Como calcular a pressão q em $[\text{N}/\text{m}^2]$ ¹ ou $[\text{kgf}/\text{m}^2]$ durante o impacto perpendicular de um fluxo de vento v_k , em $[\text{m}/\text{s}]$ ao atingir uma forma geométrica conhecida de área A em $[\text{m}^2]$?

A carga dinâmica q $[\text{N}/\text{m}^2]$ causada por um fluxo de vento, modelada pelo conceito de linhas de corrente², apresenta o comportamento de uma função quadrática, cuja variável independente será a velocidade característica do vento v_k definida segundo as linhas isopletas³ da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 6123:2023 Forças devidas ao vento em edificações. A pressão de obstrução ou pressão dinâmica é aquela exercida pela velocidade característica do vento v_k perpendicular à superfície da estrutura em condições normais de temperatura e pressão. Portanto, o valor será expresso por:

$$q = 0,613v_k^2 \quad [\text{N}/\text{m}^2]$$

¹ Os colchetes são interpretados como "a unidade" e " N/m^2 " é o símbolo para a unidade de pressão "newton por metro quadrado" embora no SI a unidade seja o pascal "Pa", $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$.

² Linha de corrente pode ser entendida como a linha tangente aos vetores velocidades de diferentes partículas no mesmo instante.

³ Curva de um mapa que apresenta todos os seus pontos equivalentes ao mesmo valor de uma quantidade observável, neste caso o vento.

A pressão dinâmica do vento, obtida pelo Princípio⁴ de Bernoulli, descrito na NBR 6123:2023 ou modelada por software freeware, tem potencial para ampliar o notório saber matemático de docentes e discentes, com aplicações práticas simplificadas à compreensão na Educação Básica. Introduzir e explorar o tema exige habilidades e tempo que transcendem a dedicação e o cumprimento de carga horária, priorizando exemplos e explorações mais simples, dificultando o desenvolvimento e o potencial interesse dos discentes.

Este trabalho busca mostrar que pode servir de suporte aos discentes e docentes interessados em aplicações da pressão dinâmica do vento no ensino básico, considerando a diversidade de situações práticas e úteis a qualquer indivíduo. Por não estar em evidência nos livros de ensino básico, qualquer pergunta, relativa a acidentes com cargas de vento ou capacidade de suporte associada a geometria, geralmente quando exploradas, recaem em projetos que envolvem modelagem matemática ou STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics).

Dessa forma, o foco será direcionado na compreensão e cálculo da pressão dinâmica do vento em superfícies geométricas poligonais elementares, inerentes a qualquer objeto ou ambiente, tanto plano como tridimensional utilizando plataformas educacionais e governamentais com auxílio de softwares livres (Visual Ventos, Fluxo Ventos, GeoGebra).

Experiências educacionais como matemático e outras como engenheiro civil se interseccionaram ao longo dos anos. Hoje, percebo que há uma oportunidade riquíssima de explorar e implementar o tema carga dinâmica do vento no estudo de funções quadráticas.

Para o discente, uma abordagem cotidiana, associada a experiências individuais ou coletivas pretéritas, assim como percepções conexas a fenômenos instantâneos ou futuros, pode mitigar a linha tênue entre o desconhecimento e a compreensão técnica, pois sem a devida atenção pode causar prejuízos mensuráveis economicamente, porém incalculáveis se envolver a segurança física ou até mesmo risco a vida.

Compreender um fenômeno como o vento ainda no Ensino Básico é apropriar-se de conceitos que podem mudar uma postura diante de problemas singulares que requer uma tomada de decisão, assim o discente por sua vez, poderá aguçar a capacidade de extrair respostas embasadas, reiteradas por conceitos matemáticos e de aplicações interdisciplinares e transdisciplinares.

No primeiro capítulo, comparamos o cenário educacional atual buscando uma investigação exploratória fundamentada em dados do Programa Internacional de Avaliação dos

⁴ O Princípio de Bernoulli descreve a distribuição da pressão, velocidade e altitude num fluxo de fluido ideal. No centro deste Teorema está o fato da energia total ao longo de uma linha de fluxo permanecer constante.

Estudantes (PISA), tradução de *Programme for International Student Assessment* e do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), como indicadores educacionais norteadores do ensino no Brasil. A partir desta comparação, relacionando o desempenho matemático e a possibilidade de propostas transdisciplinares, procuramos mostrar que o estudo da dinâmica dos fluidos aplicado ao vento se alinha a conteúdos da Educação básica e proporciona o entendimento do fenômeno com possibilidades de ser aplicado a modelagem ou a metodologia STEAM.

No segundo capítulo, abordamos as características do vento, relacionamos a equação de Bernoulli, aplicando na dinâmica dos fluidos os conceitos de linha de corrente e pressão dinâmica associada a uma velocidade básica do vento v_0 . Propomos interações tecnológicas fundamentadas na metodologia STEAM.

No terceiro capítulo, exploramos a velocidade característica do vento v_k no Brasil em relação à NBR 6123:2023 Força devido ao vento em edificações. Explorando os fatores topográficos e estatísticos que influenciam no cálculo da pressão dinâmica do vento e o potencial de risco e desastres causados pela carga de obstrução. Pautado em plataformas informativas, contendo dados dos riscos, acidentes, prejuízos e óbitos causados pelo vento, buscamos na modelagem do vento associado ao STEAM, uma vertente para tornar viável e público uma informação que pode ter um impacto social de médio a longo prazo.

No quarto capítulo, será analisado se o roteiro exploratório tem potencial útil como suporte para projetos pautados na metodologia STEAM ou atividades de Modelagem Matemática por meio de 3 exemplos práticos direcionados ao ensino básico. Buscamos refletir se há uma relação direta de causa e efeito entre o vento e a ausência de conhecimento, conjecturando em qual nível educacional o tema deve ser abordado, para que qualquer discente, como estudante e cidadão atuante, tenha um conhecimento mínimo a respeito da força dinâmica do vento.

Ao fim deste estudo, encontram-se as considerações finais, os referenciais bibliográficos e os anexos.

1. O CENÁRIO EDUCACIONAL

1.1 Indicadores nacionais e internacionais

O Brasil, embora atualmente ranqueado entre as dez maiores economias do mundo Caveiro (2024), conforme dados do Fundo Monetário Internacional (FMI), tradução de *International Monetary Fund*, possui indicadores educacionais diametralmente opostos aos índices da Organização para Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OCDE), tradução de *Organisation for Economic Co-operation and Development*, contrastando negativamente com essa realidade econômica.

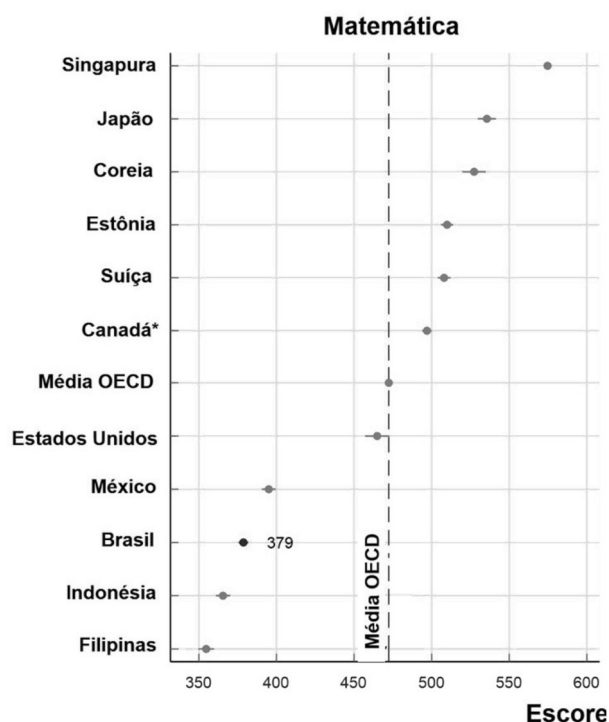
O Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA), tradução de *Programme for International Student Assessment*, propõe avaliar o conhecimento, bem como as habilidades dos estudantes na faixa etária dos 15 anos, nas disciplinas de matemática, leitura e ciências. Os testes buscam explorar a competência dos discentes de resolver problemas classificados como complexos, refletir criticamente e se comunicar eficazmente. O programa apresenta uma noção de como os sistemas educacionais preparam os estudantes para os desafios da realidade e para o sucesso futuro, OCDE (2022).

Considerando os dados da última avaliação, neste caso em 2022, segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP), a pontuação do Brasil comparada a outros países da América Latina foi inferior à média do Chile (412), Uruguai (409) e Peru (391). Não apontou diferenças significativas entre a média brasileira, da Colômbia (383) e também da Argentina (379), BRASIL (2023).

Dos estudantes brasileiros, cerca de 73% registraram baixo desempenho em matemática (abaixo do nível 2). Esse nível é considerado pela OCDE como o padrão mínimo para os jovens poderem exercer plenamente sua cidadania. Entre os países membros, o percentual dos alunos que não atingiram o nível 2 foi de 31%. Apenas 1% dos brasileiros atingiu alto desempenho em matemática (nível 5 ou superior).

Dados do PISA (2022), mostram que entre os países membros OCDE a pontuação média em matemática foi de (470), considerando este parâmetro, notavelmente superior está Cingapura, que obteve um total de (575) com o melhor desempenho entre os participantes, já o Brasil obteve (379), conforme BRASIL (2023). A disparidade internacional, destacada na Figura 1 a seguir, alinha-se a comparações alarmantes dos dados obtidos por índices nacionais que, evidenciado por Demo (2018), mostra a perpétua e histórica estagnação em matemática

Figura 1 — Gráfico parcial OCDE – PISA 2022, performance em



Fonte: OCDE, Banco de dados do Pisa 2022, Tabelas I.B1.2.1, I.B1.2.2 e I.B1.2.3.

ou até mesmo regressão a patamares inferiores, conforme dados comparativos da Tabela 1 do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), entre 1995 e 2015.

Tabela 1 — Aprendizado adequado em matemática, ensino médio, em 1995 e 2015 (IDEB). ranking dos estados (%)

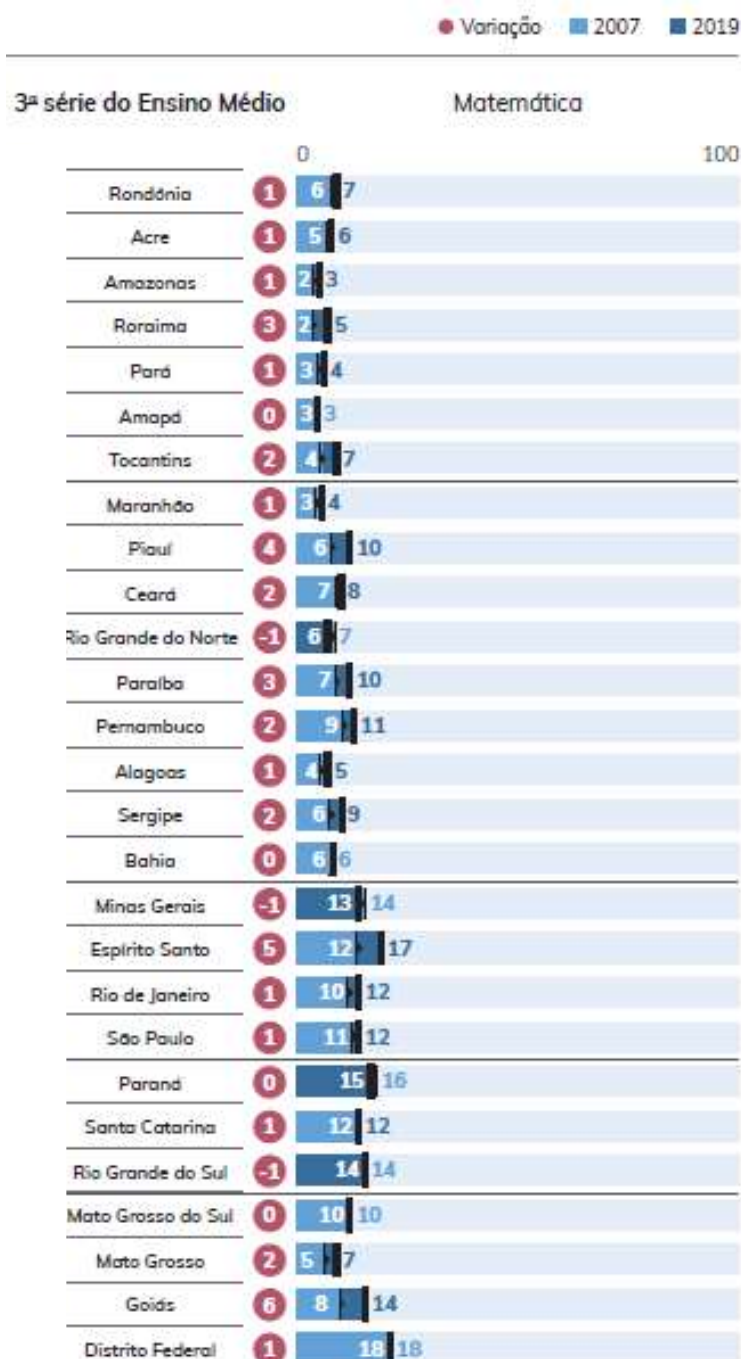
Estados	1995	2015	Estados	1995	2015	Estados	1995	2015	Estados	1995	2015
Brasil	11,6	07,3	Rio Gr. Norte	04,9	03,8	Piauí	02,0	05,2	Rio Gr. Sul	16,1	08,9
Maranhão	04,1	01,5	Bahia	06,1	04,0	Sergipe	19,3	05,4	São Paulo	14,4	09,0
Amapá	05,2	02,6	Roraima	02,1	04,3	Ceará	11,0	06,0	Rio de Janeiro	07,8	09,3
Acre	02,7	02,7	Amazonas	08,3	04,4	Goiás	15,2	06,8	Santa Catarina	06,2	09,3
Pará	04,3	02,9	Rondônia	06,5	04,6	Pernambuco	03,7	07,0	Minas Gerais	13,3	09,6
Alagoas	11,2	03,2	Paraíba	04,3	04,8	Mato Gr. Sul	07,2	08,1	Espírito Santo	03,5	12,7
Tocantins	10,2	03,5	Mato Grosso	04,3	04,9	Paraná	10,5	08,9	Distrito Federal	31,5	12,8

Fonte: Demo, 2018, p. 11.

Observa-se que, em 2015, no ensino médio, apenas 1,5% dos estudantes tiveram aprendizado adequado no Maranhão e no Distrito Federal, com 12,8%, muito acima da maranhense, mas também uma informação que impacta, pois, em 1995, foi de 31,5%.

Segundo o anuário do Todos Pela Educação (TPE), dados comparativos dos anos de 2007 e 2019, mostram que os aumentos⁵ foram poucos expressivos, TPE (2021), conforme observado na Figura 2.

Figura 2 — Aprendizado adequado em matemática, ensino médio, em 2007 e 2019 (IDEB). ranking dos estados (%)



Fonte: TPE: MEC/Inep/DAEB - Microdados do Saeb. Elaboração: Todos Pela Educação, Anuário 2021, p. 75.

⁵ Os dados e impactos posteriores a 2021 não foram considerados em decorrência da pandemia de Covid-19.

Os resultados internacionais referenciados pela média da (OCDE) concatenam-se aos dados nacionais provenientes do (IDEB), embora possam ser insuficientes, segundo Chirinéa e Brandão (2015), caracterizam-se como propositores de políticas públicas do Estado e para mobilizar ações de melhoria.

É salutar compreender que qualquer estudo educacional, cuja proposta consiga alterar, mesmo que minimamente de forma positiva a literacia matemática em um indivíduo, estará conexas a contextos culturais, sociais, políticos, econômicos ou ambientais, assim, buscar comparativos internacionais à medida que são desenvolvidas políticas públicas educacionais, traz um incipiente ponto de luz a disparidade entre a realidade econômica e equidade educacional atual do Brasil.

O pareamento de propósitos da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) e do (PISA) notados por Silva (2022), acende o pensamento nessa perspectiva, não sendo abordado o mérito da discussão das diferenças entre o currículo escrito, implementado ou alcançado, mas, sim, o uso das perspectivas que podem nortear qualquer mudança que potencialize a aprendizagem. Nesse contexto, sugerimos que o professor, como mediador associado ao currículo, pautado nas orientações da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) e (PISA), possa propor uma atividade não convencional sob uma perspectiva transdisciplinar, capaz de proporcionar uma aprendizagem significativa tendo o aluno como protagonista do processo.

1.2 Os indicadores e a transdisciplinaridade

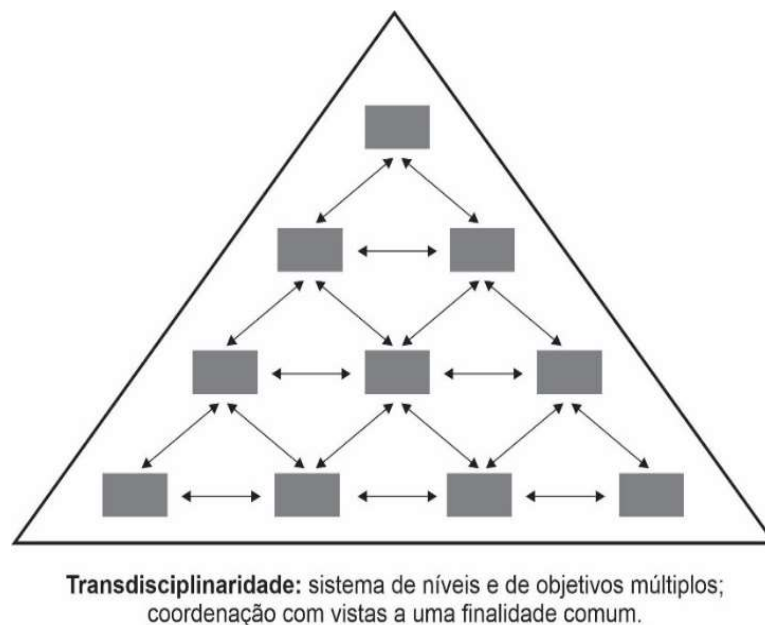
Potencializar o conhecimento com ênfase na matemática e suas tecnologias para ser efetivo e transformador, exige-se que haja nexos e não seja apenas ponto focal de conteúdo disciplinar ou cumprimento de metas do currículo escrito, requer que docentes e discentes percorram juntos os caminhos transdisciplinares, que ambos reintegrem os conteúdos fragmentados pela especialização disciplinar. Pois,

À medida que os conhecimentos relativos a cada campo foram aprofundando-se, novas subdivisões foram e continuam sendo criadas, e agora se mostra imprescindível restabelecer o nexo e a comunicação entre esses campos para que a compreensão do mundo real ocorra de modo relacional. (Filatro, 2015, p. 17)

A transdisciplinaridade pode ser uma ferramenta de transformação educacional se o objetivo for explorar, descobrir, modelar uma situação ou fenômeno natural, já que, segundo Rech (2020), atua como coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas do sistema. Observa-se na Figura 3 as relações das múltiplas disciplinas aos pares e níveis distintos,

representados no modelo do astrofísico austríaco Erich Jantsch, conforme menciona Sommerman (2012).

Figura 3 — O modelo de Jantsch para interação entre disciplina



Fonte: Filatro, 2015, p. 17.

É perceptível que a estrutura permite a ascensão de níveis, podendo atingir o ápice por múltiplos movimentos como combinação das possibilidades horizontais e verticais, mostrando que a multidisciplinaridade pode ser transcendida. Nesta perspectiva, buscamos na transdisciplinaridade o fator comum com uma metodologia norteada pelo mesmo preceito, a metodologia STEAM.

1.3 O STEAM como estrutura transdisciplinar

A interdisciplinaridade promove o diálogo teórico e metodológico entre as disciplinas, rompendo com a separação dos campos de estudo. Assim, a interação pode variar desde a troca de ideias até a integração de conceitos.

Buscando compreender a realidade através do STEAM, por meio da integração de diferentes disciplinas, a transdisciplinaridade propõe romper paradigmas e modelos estagnados. Considerando outras fontes e níveis de informação, procura uma interação entre as disciplinas, propiciando um conhecimento holístico. Nota-se que a,

... transdisciplinaridade surge em decorrência do avanço do conhecimento e do desafio que a globalidade coloca para o século XXI. Seus conceitos contrapõem-se aos princípios cartesianos de fragmentação do conhecimento e dicotomia das dualidades

(Descartes, 1973) e propõem outra forma de pensar os problemas contemporâneos. A fragmentação do conhecimento, que se generaliza e se reproduz por meio da organização social e educacional, tem também configurado o modo de ser e pensar dos sujeitos. (Santos, 2008, p. 71)

Considero, portanto, a transdisciplinaridade como um estágio mais avançado de produção do conhecimento. Exige uma postura de abertura para a produção e protagonismo dos discente, mediado com respeito à diversidade, proporcionando múltiplas abordagens para compreender o mundo, considerando outras dimensões cognitivas, como intuição, experiências pessoais e coletivas, habilidades intrínsecas individuais ou outras estratégias, mesmo não convencionais.

1.3.1 Origem dos acrônimos STEM e STEAM

Existe uma consonância educacional e política predecessora do atual conceito educacional integrativo STEAM, tradução de (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). Decorrente de múltiplos eventos históricos e políticos, Razi e Zhou (2022) mostram que o STEM mudou o paradigma educacional frente ao espectro tecnológico mundial.

Buscando aprovisionar uma educação liberal e prática à classe industrial ou à pessoa comum, em 2 de julho de 1862, o presidente americano Abraham Lincoln sancionou a Lei Morrill EUA (1862) uma lei que doava terras a cada estado para estabelecer faculdades, e essas, forneceriam instrução voltadas principalmente em agricultura, táticas militares, artes mecânicas e estudos clássicos.

Em 1944, pensando no fim da guerra, Roosevelt escreveu ao diretor do Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico, Vannevar Bush, perguntando como a aplicação bem sucedida do conhecimento científico aos problemas de guerra poderia ser transferida para tempos de paz e solicitando recomendações sobre uma política nacional para a ciência. No ano seguinte foi apresentado ao presidente Harry S. Truman o relatório intitulado, Science: The Endless Frontier, prevendo uma nova agência cuja missão promoveria o progresso da ciência apoiando a pesquisa básica em faculdades e universidades, estabelecendo a National Science Foundation (NSF), aprovado em 1950, conforme NSF (2024).

Ressalta Sanders (2009) que a meio século, o lançamento do Sputnik precipitou uma grande reforma educacional, ficando evidente a importância da supremacia tecnológica com foco no desenvolvimento econômico, competitividade geopolítica e soberania mundial.

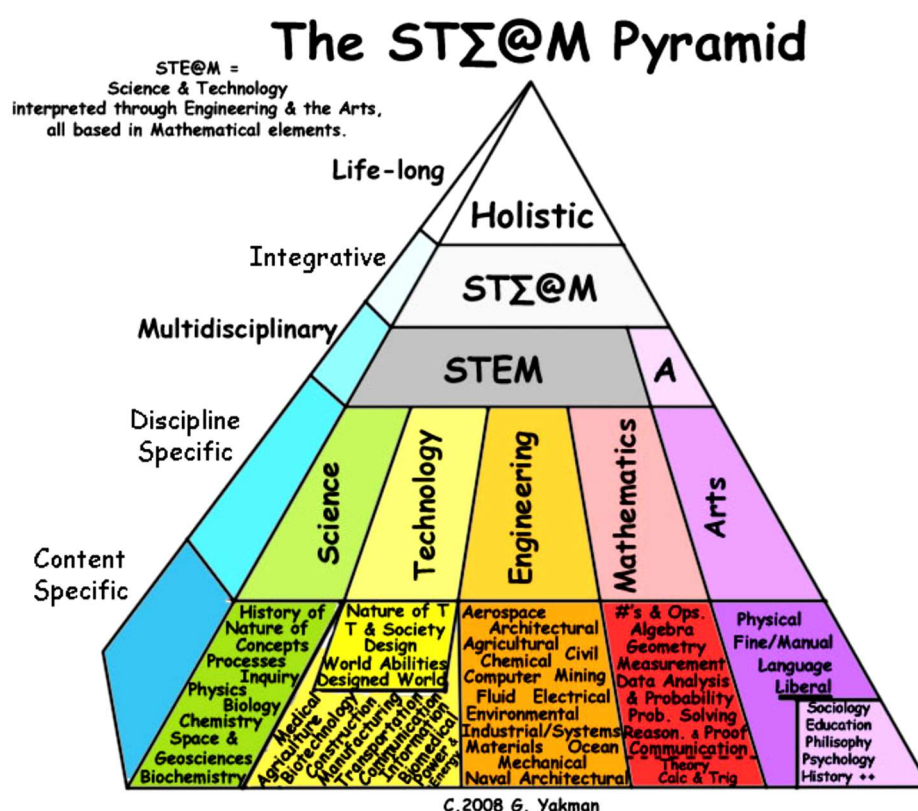
Destacou-se, então, um norte para as principais disciplinas acadêmicas tradicionais.

Inicialmente, a NSF usou a sigla SMET (ciência, matemática, engenharia e tecnologia), posteriormente convertida para STEM em 1990. Em 2008, ao estudar os fatores comuns de ensino e aprendizagem entre as disciplinas de STEM, Georgette Yakman (2008) percebeu as influências das disciplinas de Artes & Design e estas se tornaram mais aparentes e integradoras, incrementando e definindo o termo STEAM.

1.3.2 O STEAM e as inteligências múltiplas

No intuito transdisciplinar que buscamos, atemo-nos à educação STEAM como "Ciência e Tecnologia, interpretadas por meio da Engenharia e das Artes, todas baseadas em uma linguagem de matemática", Yakman (2008), conforme diagrama da Figura 4.

Figura 4 — Diagrama estrutural para análise a natureza interativa da prática e do estudo dos campos formais da ciência, tecnologia, engenharia, matemática e artes



Fonte: Yakman 2008

A estrutura piramidal do STEM proposta por Yakman (2008), permite a visualização dos elementos intercurriculares integrativos, por meio dos conteúdos específicos mediados pelo docente que fomenta uma visão para a aprendizagem holística, considerando a matemática como a linguagem subjacente de toda comunicação representada no topo da pirâmide. Dessa forma, há uma expansão dos rumos e possibilidades disponíveis aos discentes para compreender

um assunto, pois,

... os alunos possuem diferentes tipos de capacidades intelectuais; por consequência, aprendem, memorizam e apresentam desempenhos diferenciados e compreendem de modos diferentes. Nesta perspectiva, o professor deve ser alguém que adquiriu uma compreensão profunda (deep understanding) dos conhecimentos que pretende ensinar, com a capacidade de abordar os temas de múltiplas perspectivas. (Pocinho, 2021, p. 3)

O embasamento dos conteúdos específicos integrados e explorados em diferentes proporções ou ordem de associação amplia a possibilidade de que cada indivíduo possa aprender de forma confortável e efetiva.

Segundo Gardner (2013), por possuir distintos meios de inteligência ou Inteligências Múltiplas (IM), pluralizar o ensino permite que os aprendizados ocorram de maneiras diferentes, assim entendo que a possibilidade de galgar competências e habilidades é ampliada pela gama de interações transdisciplinares. Gardner inferiu, a princípio, que há sete tipos de inteligência, posteriormente com um acréscimo totalizando oito, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 — As 8 inteligências de Gardner

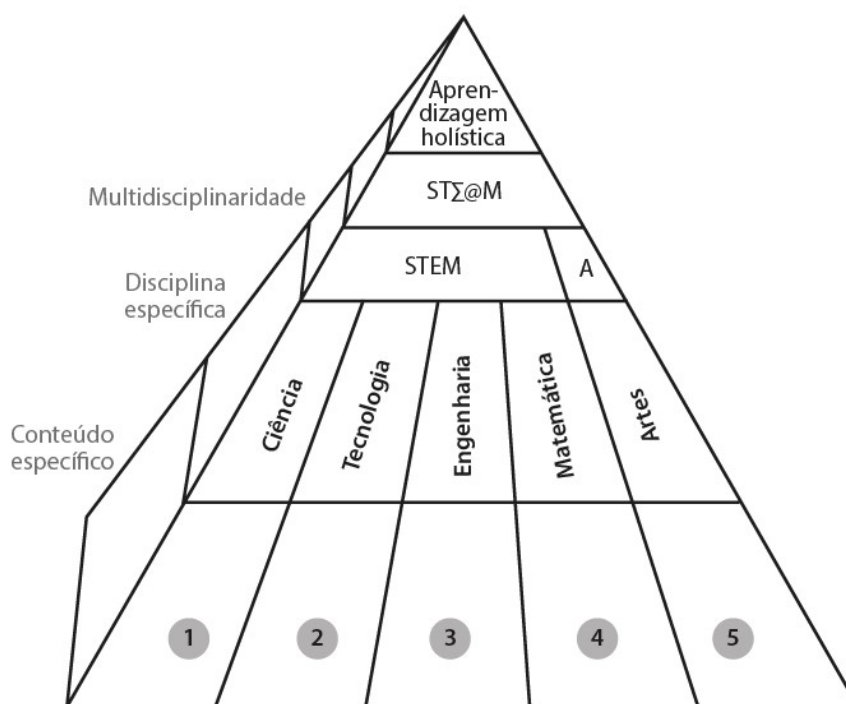
Inteligências	Descrição
Linguístico	Capacidade de analisar informações e criar produtos envolvendo linguagem oral e escrita, como discursos, livros e memorandos.
Lógico-Matemático	Capacidade de desenvolver equações e provas, fazer cálculos e resolver problemas abstratos.
Espacial	Capacidade de reconhecer e manipular imagens espaciais de grande escala e granularidade fina.
Musical	Capacidade de produzir, lembrar e dar significado a diferentes padrões sonoros.
Naturalista	Capacidade de identificar e distinguir entre diferentes tipos de plantas, animais e formações climáticas encontrados no mundo natural.
Corporal-cinestésico	Capacidade de usar o próprio corpo para criar produtos ou resolver problemas.
Interpessoal	Capacidade de reconhecer e compreender o humor, os desejos, as motivações e as intenções de outras pessoas.
Intrapessoal	Capacidade de reconhecer e compreender seus próprios estados de

ânimo, desejos, motivações e intenções.

Fonte: Gardner (2024), p. 6 - tradução do autor.

As inteligências descritas nas suas multiplicidades enriquecem a possibilidade de atingir a concepção de aprendizagem holística proposta por Yakman (2008). Conforme Bacich e Holanda (2020), a adaptação proposta na Figura 5 permite a visualização dos conteúdos específicos da base e suas principais características norteadoras.

Figura 5 — Diagrama STEAM



Fonte: Educação STEAM: uma visão geral da criação de um modelo de educação integrativa multidisciplinar.

1 História da origem dos conceitos, processos de investigação, física, biologia, química, ciências espaciais, geociências, bioquímica;

2 História das tecnologias, tecnologia e sociedade, design, habilidades, projetos para o mundo, agricultura, biomedicina, biotecnologia, informática, comunicação, construção, indústrias, transporte, energia;

3 Aeroespacial, fluidos, arquitetura, agronomia, civil, computacional, de minas, acústica, química, elétrica, ambiental, industrial, de materiais, mecânica, dos oceanos, naval;

4 Operações, álgebra, geometria, medições, análise de dados, probabilidade, resolução de problemas, comunicação, cálculos, trigonometria, causas e efeitos;

5 Humanidades (finas, visuais e performáticas): música, teatro, fisiologia (artes manuais, corporais e psicologia), antropologia, relações internacionais, filosofia.

1.3.3 O vento, o STEAM e a dinâmica dos fluidos

São infindáveis as abordagens que podem nortear um estudo, portanto, conjecturar os múltiplos conteúdos específicos ante as possibilidades de explorar as cinco disciplinas específicas permite-nos tabelar os possíveis contextos, assuntos ou temas correlatos.

Buscando um meio de auxiliar na escolha potencial dos itens que auxiliam o entendimento da carga dinâmica do vento, derivados da dinâmica dos fluidos no diagrama STEAM, fundamento a elaboração da Tabela 3 conforme o diagrama do STEAM de Bacich e Holanda (2020), buscando relações abarcadas por um fenômeno natural global de impactos climáticos e econômicos, trazendo seu entendimento para a esfera educacional básica.

Tabela 3 — Contextos, assuntos ou temas correlatos a pesquisa e compreensão do vento

NÚMERO	DISCIPLINA ESPECÍFICA	CONTEÚDO ESPECÍFICO	CONTEXTOS, ASSUNTOS OU TEMAS CORRELATOS AO VENTO
1	Ciência	História da origem dos conceitos	Brisas, Monções, ventos Alísios e contra Alísios;
			Ciclone, Tufão, Tornado e Furacão;
			Movimento, Importância e Fenômenos Meteorológicos;
		Processos de investigação	O que é o vento, como se forma, quais os seus perigos potenciais?
			Como medir a direção, velocidade e a intensidade?
			Há normas técnicas, bibliografia, ábacos ou gráficos?
		Física	Tipos de Energias, gradiente de pressão e temperatura;
			Leis termodinâmicas e dinâmica dos fluidos;
			Pascal, Coriolis, Foucault e Bernoulli;
		Biologia	Antártida, oceano austral e camada de ozônio;
			Mudanças climáticas, impactos ambientais e pactos internacionais;
			Desastres climáticos, ciclos biogeoquímicos, água;
		Química	Composição química do ar, gases e água;
			Interação vento e solo, análise química de sólidos e da água;
			Elementos químicos, poluição e problemas urbanos;
		Ciências espaciais	Agências espaciais, programas educativos e túnel de vento;
			Ventos solares, planetários e efeitos;
			Gases, partículas e espaço sideral;
Geociências	Ações geológicas, terremotos e vulcões;		
	Dunas migratórias, desertificação e perspectivas dos Biomas;		
	Litosfera, hidrosfera e atmosfera;		
Bioquímica	Aquicultura, energia e efluentes;		
	Partículas suspensas e agentes infecciosos;		
	Acidentes nucleares e deslocamento de partículas;		
2	Tecnologia	História das tecnologias	Civilizações, revoluções, ensino;
			Analógicas, Digitais e Inteligência Artificial;
			Algoritmos, programação e evolução;
		Tecnologia e sociedade	Instrumentação, informação full time, indicadores;
			Previsibilidade, estimativas e orientação;
			Equipamentos portáteis, acessibilidade e autonomia;
		Design	Instrucional, projetos e mídias;
			Sites, aplicativos e Applets;
			Testes, simulações e otimização;
		Habilidades	Resolver problemas, utilizar dados e otimizar processos;
			Pensamento analítico e cooperação de trabalho;
			Utilizar ferramentas digitais e produzir conteúdo;
		Projetos para o mundo	Estudos climáticos, banco de dados, projetos coletivos;
			Créditos de carbono, agendas ambientais, acordos;

			Poluição, pandemias, projetos de desempenho energético;
		Agricultura	Degradação do solo, Chuvas e barreiras naturais; Precisão climática, janela de plantio, pulverização; Estudo de impactos ambientais, planejamento;
		Biomedicina	Estudos laboratoriais e imagem; Imunologia e parasitologia, acidentes climáticos; Microrganismos, doenças e propagação;
		Biotecnologia	Biodegradáveis, plástico e outros; Seleção genética sementes resistentes, pesticidas e pulverizações; Recuperação de solo e redução de poluição;
		Informática	Estações meteorológicas, satélites e metadados; Processamento de dados e infográficos; Coleta de dados, planilhas e projeções;
		Comunicação	Velocidade do som no ar, ondas sonoras, rádio, TV e app; Plataformas públicas de informação e alertas climáticos; Transmissão de conteúdo, canais abertos e alertas;
		Construção	Resistência mecânica dos materiais, maleabilidade; Aerodinâmica, vibrações e projetos; Modelagem dinâmica, arrasto, patologias;
		Indústrias	Eficiência energética, produção, refrigeração; Fluxo, sistemas pneumáticos, fenômeno dos transportes; Otimização e estocástica;
		Transporte	Aviação, turbulência, resistência e sustentação; Modais aquáticos, embarcações e energia; Modelagem aerodinâmica, consumo energético e tempo;
		Energia	Sistemas e engrenagem, moinhos e velas; Turbinas eólicas, produção e transmissão de energia; Transformações de energia, estudo potencial e econômico;
3	Engenharia	Aeroespacial	Pesquisa científica aplicada a indústria aeronáutica; Aplicações a Indústria de aviação e de alta tecnologia; Termodinâmica, mecânica dos fluidos e a eletrônica aplicada;
		Fluidos	Hidráulica, fluxo, vazão, velocidade e pressão; Reynolds, Bernoulli, Newton e Pascal; Linhas de corrente,
		Arquitetura	Disposição geográfica, ventilação e fluxo; Barlavento, sotavento e geometria; Telhados, fachadas e fechamentos;
		Agronomia	Planejamento, regulação de temperatura e aviários; Galpões, silos e outros armazenamentos; Plano voo, aeronaves e veículos não tripulados;
		Civil	Normas técnicas, cargas e coeficientes; Coeficientes de pressão interno, médio e externo; Pressão dinâmica, arrasto e vibrações;
		Computacional	Modelos, sensores e simuladores; Softwares, estações meteorológicas e equipamentos; Cronogramas físicos e financeiros gráfico de Gantt;
		De minas	Estruturas de contenção: barragens, minas e túneis; Avaliação técnica de viabilidade de empreendimentos; Cuidado com o local de trabalho e com as comunidades adjacentes;
		Acústica	Otimização sonora, desenvolvimento de softwares; Acústica musical e arquitetônica; Vibrações em edifícios e pontes;
		Química	Maresia, sulfatos e outros elementos nocivos; Impermeabilizantes e sintéticos resistentes; Materiais abrasivos e selantes de alta performance;
		Elétrica	Energia solar, placas e resistência; Energia eólica, geradores e linhas de transmissão; Acidentes urbanos, quedas de árvores e ruptura de cabos;
		Ambiental	Controle de poluição e resíduos; Gestão de recursos hídricos e circulação hidrodinâmica; Microburst em florestas, impactos em biomas;

		Industrial	Materiais, aplicações expostas a intempéries;
			Equipamentos pneumáticos, energia, armazenagem;
			Instalações e sistemas integrados, fluxos confinados;
		De materiais	Testes de materiais e tecnologias eólicas;
			Projetos, produção e gestão de materiais;
			Criação de produtos por ligas e combinações;
		Mecânica	Comportamento dos fluidos, fabricações e usinagens;
			Projetar sistemas mecânicos, metalurgia e fundição;
			Sistemas hidráulicos, pneumáticos e térmicos;
		Dos oceanos	Compreensão do ambiente marinho e os ventos;
			Projetos de exploração de petróleo e gás e seus impactos;
			Compreensão dos ventos oceânicos;
		Naval	O vento como energia para redução de poluentes;
			Projetos de embarcações e energia eólica;
			Velas, correntes e navegação;
4	Matemática	Operações	Adição, subtração, multiplicação e divisão;
			Logarítmicas e exponenciais básicas;
			Vetores e matrizes;
		Álgebra	Euações, inequações e sistemas;
			Funções, domínio, imagem e gráficos;
			Calculo diferencial e integral;
		Geometria	Euclidiana, elementos básicos aplicados;
			Espacial, cálculo de áreas e volumes;
			Analítica, elementos básicos e vetores;
		Medições	Unidades de medida e transformações de unidades;
			Equipamentos e normas técnicas;
			Softwares, Applets e calculadoras.
		Análise de dados	Interpretação de máximos e mínimos;
			Tabelas, mapas e gráficos;
			Uso de softwares e lançamento de dados;
		Probabilidade	Medidas de tendência central e dispersões;
			Modelo probabilísticos, mapas, tabelas ou ábacos;
			Variáveis aleatórias e características de ocorrência e retorno;
		Resolução de problemas	Modelagem matemática e aplicações cotidianas;
			Problemas dinâmicos em estruturas de madeira, aço e concreto;
			Problemas climáticos em áreas urbanas e rurais;
		Comunicação	Diagramas, conjuntos e símbolos;
			Linguagem matemática;
			Linguagem computacional;
		Cálculos	Velocidade do vento e pressão dinâmica;
			Coefficientes de pressão e modelagem;
			Áreas 2D e 3D exatas e estimadas;
		Trigonometria	Ângulo 0° e 90° a barlavento;
			Relações trigonométricas básicas e rosa dos ventos;
			Modelagem e aplicações;
Causas e efeitos	Mudanças climáticas e aumento da velocidade do vento;		
	Rugosidade e velocidade do vento;		
	Velocidade do vento e acidentes;		
5	Artes	Humanidades	Música e teatro relacionados ao vento;
			fisiologia (artes manuais, corporais e psicologia);
			Filmes e mostras culturais;
		Antropologia	Relação do homem com a natureza e seus elementos;
			Os deuses ligados aos fenômenos naturais;
			Mitologia e crenças;
		Relações internacionais	Construção de identidade;
			Interação entre culturas e exposições;
			Obras de arte relacionadas ao vento;
		Filosofia	O ar, o vento e suas influências filosóficas;
			Hipócrates, Anaximenes, Zenão e outros;
			Origem e significado do vento em diferentes épocas;

Fonte: Próprio autor.

1.3.4 O STEAM, a norma de vento e a modelagem matemática

Usaremos de forma síncrona a modelagem matemática e a metodologia STEAM como proposta transdisciplinar. Para esta abordagem, uma das características mais importantes da modelagem matemática é a ruptura com o currículo linear, pois, segundo Brandt e Burak (2016), não são os conteúdos que determinam o problema, mas o contrário.

É notável que a construção de um modelo, comumente requer um conhecimento amplo e detalhado sobre a teoria correspondente que guiará a abordagem e também o funcionamento interno do modelo, o STEM permite que este seja conduzido por uma série de teorias diferentes trabalhando cooperativamente, tornando-se atrativo e ampliando o campo de interpretações e cognições entre o discente e o tema.

Para embasamento e suporte do estudo exploratório, baseado no conceito de carga de vento associado ao STEAM e à modelagem matemática, será utilizada a NBR 6123:2023 para tratar da relação entre modelos e teorias no cotidiano do discente. A teoria, como uma linguagem formal da norma, se adaptada à linguagem educacional da Educação básica, coloca o vento como ponto focal do estudo, buscando elevar o aluno ao patamar de protagonista na construção do conhecimento a partir da mediação do professor.

Usar o vento como fator climatológico em uma modelagem pode estreitar o laço entre a teoria e os problemas cotidianos, através da interrelação entre os diferentes conteúdos STEAM e a NBR 6123:2023, principalmente se atentarmos a riqueza de detalhes científicos que modelam o problema, conforme notamos que,

Na modelagem climática contemporânea, por exemplo, elementos de diferentes teorias, entre elas dinâmica de fluidos, termodinâmica e eletromagnetismo são colocados para trabalhar cooperativamente. O que produz os resultados não é a aplicação rigorosa de uma teoria, mas as vozes de diferentes teorias quando colocadas em coro umas com as outras em um modelo (Frigg, Roman e Stephan Hartmann, 2024).

Para elaborar e desenvolver uma atividade que explora o vento como foco na modelagem matemática, vamos nos ater as cinco etapas propostas por Burak (1998, 2004 e 2006), onde Brandt e Burak (2016) sugere: escolha do tema; pesquisa exploratória; levantamento dos problemas; resolução dos problemas e desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema e por fim, análise crítica das soluções.

Considerando a Tabela 3 do STEAM, a escolha do tema como sugerido anteriormente pode surgir por meio de uma proposição feita por um discente que conhece o potencial a ser

explorado ou por diversos motivos advindos das experiências individuais, ou coletivas dos discentes, podendo ser enquadrado em uma ou mais disciplinas específicas.

Explorar o tema por meio de uma pesquisa, levantar os problemas correlatos e resolver um problema matemático nos leva a parte mais importante, a análise crítica, pois,

É uma etapa que favorece a reflexão acerca dos resultados obtidos no processo e como esses podem ensejar a melhoria das decisões e ações. Contribui para a formação de cidadãos participativos, mais autônomos e que auxiliam na transformação da comunidade em que participam, pois terão a matemática como mais uma ‘aliada’ no processo de avaliação das condições sociais, econômicas, políticas e outras. (Brandt e Burack, 2016, p. 42).

Assim, entendemos que a modelagem matemática pautada na tecnologia e o estudo da pressão e coeficientes dinâmicos do vento da NBR 6123:2023, sob uma perspectiva da Equação de Bernoulli para STEAM, tem potencial educacional se seguir os argumentos predecessores.

2. O VENTO, BERNOULLI E A DINÂMICA DOS FLUIDOS

2.1 O vento

O vento como objeto de estudo, frente ao desconhecimento, por vezes nos parece imensurável. Não dominar o mínimo de conhecimento sobre a sua força, a sua origem e as suas potencialidades é como se fôssemos transportados para um extenso espaço temporal, entre a Antiguidade e a Idade Média, correspondente aproximadamente entre o final do século VII a.C. à metade do século XVI, período antecessor a revolução científica.

Nesse intervalo, uma quantidade significativa de pensadores e filósofos da natureza desenvolveram uma multiplicidade de percepções sobre a composição do mundo, bem como suas leis de funcionamento. Embora cientificamente as descobertas sejam consideradas tímidas, Polito (2013) destaca que é complexo conceber como teria sido possível descobertas mais elaboradas em períodos posteriores se concepções prévias não tivessem sido pensadas, ordenadamente, nos períodos anteriores.

2.2 A Mitologia e a ciência

A cosmogonia antiga, que descreve as forças implacáveis da natureza, associando tempos extremamente severos a ventos, chuvas, tempestades, raios e trovões, descreve a capacidade de cessar ou agraciar a vida concedida aos meros mortais.

O vento, não necessariamente isolado, é uma força que circunda a terra, permeia a história de várias civilizações, com sopros divinos, forças destruidoras, colheitas prósperas e outros fins. Segundo Candido e Nunes (2012) as civilizações mais suscetíveis as ocorrências de fortes chuvas sazonais e formações de tempestades tropicais e extratropicais mostram a presença de ícones similarmente relacionados ao clima em culturas distintas, como a Xintoísta (Japão), Iorubá (Nigéria), Lovedu (África do Sul), Hindu (Índia), Grega (Império Grego), Romana (Império Romano), Taoísta (China) Tupi e Guarani (países sul americanos), Sioux (EUA), Navajo (EUA), Maia (México), Huichol (México) e Asteca (América Central), entre outras.

Por ser amplamente difundida reconhecemos com maior familiaridade como a

mitologia nórdica traz Thor como deus das tempestades, raios e trovões e como a mitologia grega relaciona os elementos naturais a seres superiores, como sugere Lurker (2005), visualizando Poseidon e *Aíolos* (latim: *Aeolus*) como deuses das tempestades e ventos. Observando o ar frente a representatividade de elementos menos notórios, percebe-se que,

Quando tanto as forças menos ativas da natureza eram personificadas, não é de se admirar que os ventos o fossem. Eram: o Bóreas ou Aquilão, o vento norte; Zéfiro ou Favônio, o vento oeste; Nótus ou Áuster, o vento sul, e Euro, o vento leste. Os dois primeiros principalmente têm sido celebrados pelos poetas, o Aquilão pela sua rudeza e o Zéfiro pela sua doçura (Bulfinch, 2002).

Em função da preservação estrutural e do seu peculiar formato octogonal, um dos monumentos arquitetônicos mais conhecido de Atenas, é o relógio público, notoriamente difundido como torre dos ventos, cuja construção estimasse ser do século I. Conforme observado por Soares (2015), o friso superior possui oito deuses esculpidos e que enfaticamente estão relacionadas as respectivas orientações cardeais, parcialmente visíveis na Figura 6 e detalhado na Figura 7.

Figura 6 — Torre dos ventos em Atenas



Fonte: Advisor Travel. Disponível em: <https://nlink.at/NaxM>, Acesso em: 04/12/2024.

Figura 7 — Os painéis de relevo no friso da Torre dos Ventos, neste painel, o deus do vento Bóreas



Fonte: Commons Wikimedia. Disponível em <https://nlink.at/lzu0>, Acesso em: 01/12/2024.

Transcendendo o movimento filosófico grego, cuja busca, era por respostas a questões sobre a natureza do espírito (*logos*) ou da alma (*psyché*), Polito (2013), salienta o surgimento de um movimento que se iniciou por volta do final do século VII a.C., com os filósofos jônicos, agora buscando respostas a questões relativas à constituição da natureza (*physis*). O primeiro deles tendo sido Tales de Mileto (a. 624-546 a.C.), seguido por Anaximandro (a. 610-545 a.C.) e Anaxímenes (a. 585-526 a.C.), ambos também de Mileto, região da Ásia Menor, atual Turquia.

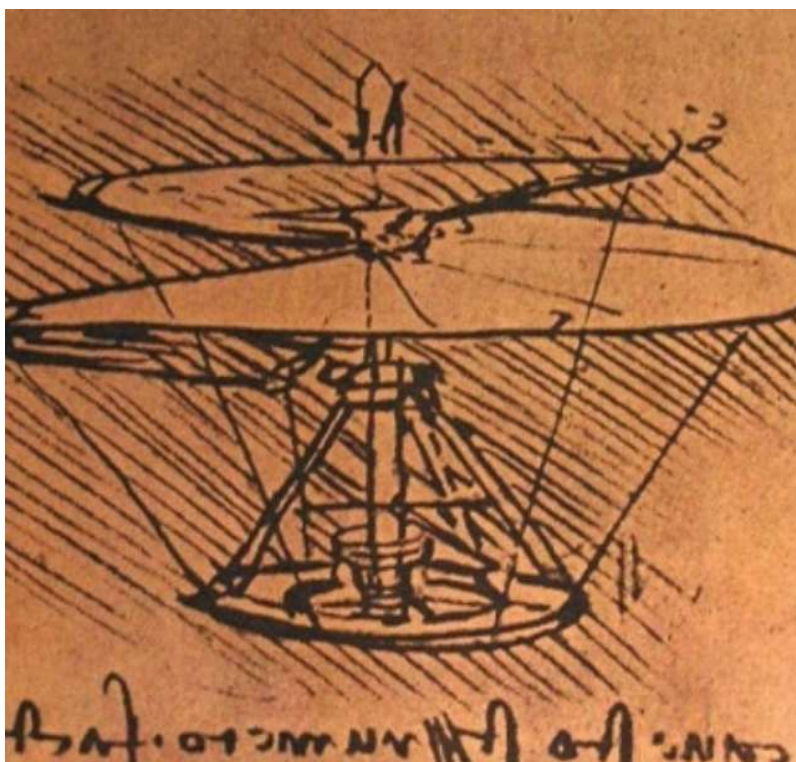
Segundo Chaui (2002), Aristóteles consagra Tales como fundador da filosofia cosmológica, por ser o primeiro a tratar de modo sistemático e racional o problema da origem, transformação e conservação do mundo. Para Tales, a (*physis*) era a água, ou melhor, a qualidade da água, o úmido. Anaximandro, que foi seu discípulo, procurou explicar como era possível do indeterminado (*Ápeiron*) e ilimitado surgirem as coisas determinadas e limitadas, ou a origem das coisas individualizadas, de suas diferenças e oposições. Anaxímenes teria escrito que "assim como nossa alma, que é ar, nos sustenta e nos governa, assim também o sopro e o ar abraçam todo o cosmos" e que "o ar está nas cercanias do incorpóreo e, já que nascemos graças ao seu fluxo, é preciso que seja ilimitado para que jamais acabe".

Observando o ar, seja como um fluxo na visão cosmológica de Anaxímenes ou nas

perspectivas míticas que permearam séculos, nos chama a atenção para interpretá-lo como um elemento de considerável relevância na evolução do conhecimento científico. Das velas fenícias aos moinhos de vento, a humanidade cultuou e evoluiu com o tempo nas interpretações de grandes nomes da ciência.

O mais notável, talvez até as grandes navegações, considero o italiano Leonardo di Ser Piero da Vinci, ou Leonardo da Vinci (1452-1519), pois tinha interesses plurais e uma capacidade de criar e inovar que transcendeu o seu tempo, conforme Isaacson (2017), foi um predecessor em distintas áreas do conhecimento humano, sendo considerado a primeira mente moderna da história. Segundo o MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (2014), seu empenho em observar e compreender a natureza o levou a adquirir conhecimentos que se transformaram em realizações inventivas, principalmente relacionadas ao movimento. Os estudos compreendiam desde o ciclo de desenvolvimento das plantas até o voo das aves, em que analisava a aerodinâmica e procurava criar mecanismos para que o homem também pudesse voar. No caso mais emblemático, da Figura 8, temos o helicóptero.

Figura 8 — Desenho original do helicóptero de Leonardo da Vinci



Fonte: Wikimedia Commons. Disponível em: <https://nlink.at/dgnP>, Acesso em: 04/12/2024.

O fascínio pelo ar não era proeminente e direto nos séculos seguintes, mas era relevante a busca do entendimento da deflexão horizontal de objetos em queda livre e conseqüentemente

um efeito que intrigava e estava diretamente ligado aos ventos, à rotação da terra. Notáveis nomes como Kepler, Descartes e Newton tentaram obter provas teóricas ou experimentais sobre a rotação terrestre, entre os séculos XVI e XVIII, segundo Borges e Braga (2010). Contudo, a prova científica ainda não havia sido obtida até que o físico francês Jean Bernard Léon Foucault realizou o experimento que provou a rotação da Terra,

Para isso, construiu, em 1851, um pêndulo com fio de 67 m de comprimento na extremidade do qual colocou uma massa esférica de 30 Kg, assegurando, dessa forma, um grande período de oscilação (cerca de 16 s) e um fraco amortecimento devido à resistência do ar (FIGURA 9). Colocado a oscilar, com uma pequena amplitude, verifica-se que o plano de oscilação do pêndulo roda lentamente, demonstrando, dessa forma, a rotação da Terra. O pêndulo de Foucault, como passou a ser designado, causou, na época, enorme sensação e é hoje um instrumento obrigatório em qualquer museu de ciência. (Lage, 2018).

Figura 9 — Pêndulo de Foucault no Pantheon de Paris

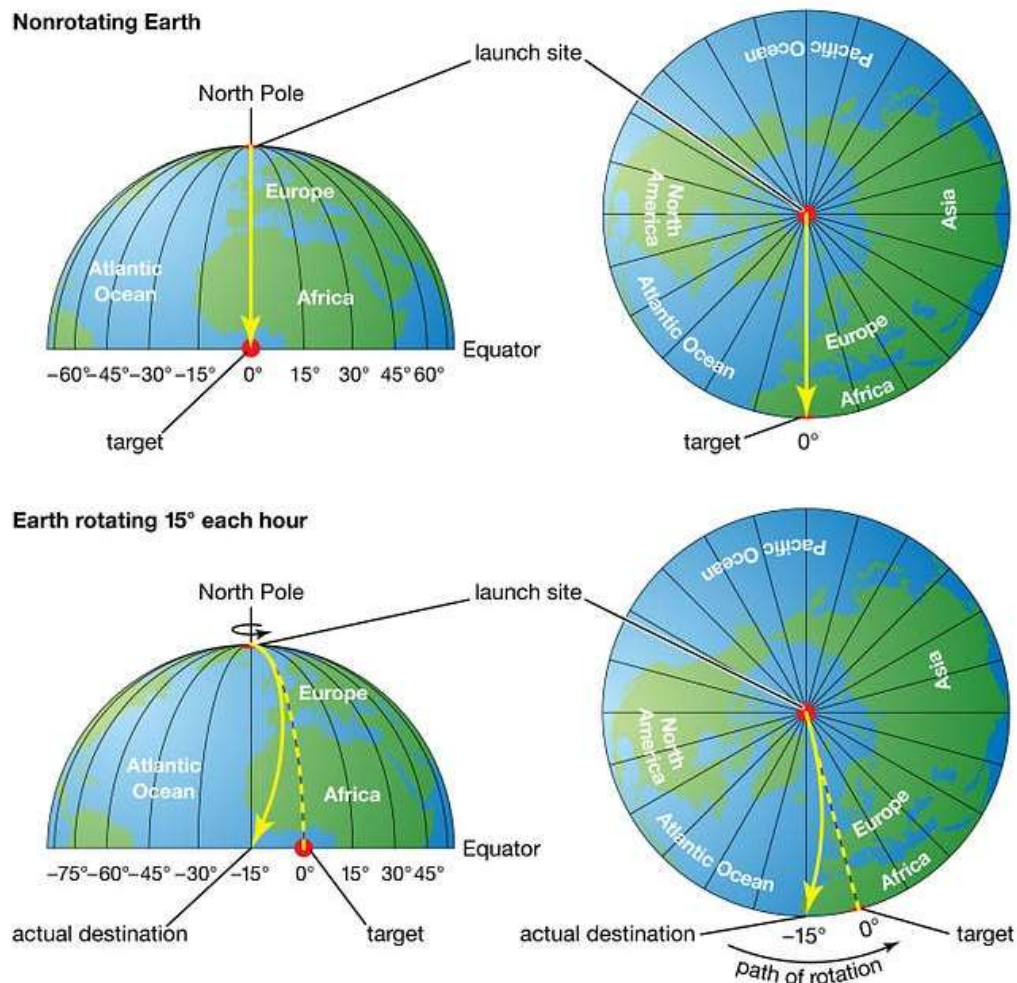


Fonte: Lage 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.24927/rce2018.069>, Acesso em: 22/05/2023.

Associando o sistema mecânico rotativo da Terra do experimento de Foucault ao efeito descrito pelo matemático francês Gaspard Gustave de Coriolis (1792–1843) favorece o

esclarecimento da relação entre momento angular e energia cinética rotacional e como uma força inercial pode ter um efeito significativo no movimento de um corpo e ainda sem fazer nenhum trabalho, conforme Person (1998). Na Figura 10, a força de Coriolis mostra a tendência de um corpo em movimento sobre a superfície terrestre tende mudar sua trajetória devido à direção rotacional e da velocidade da Terra.

Figura 10 — O efeito da força de Coriolis



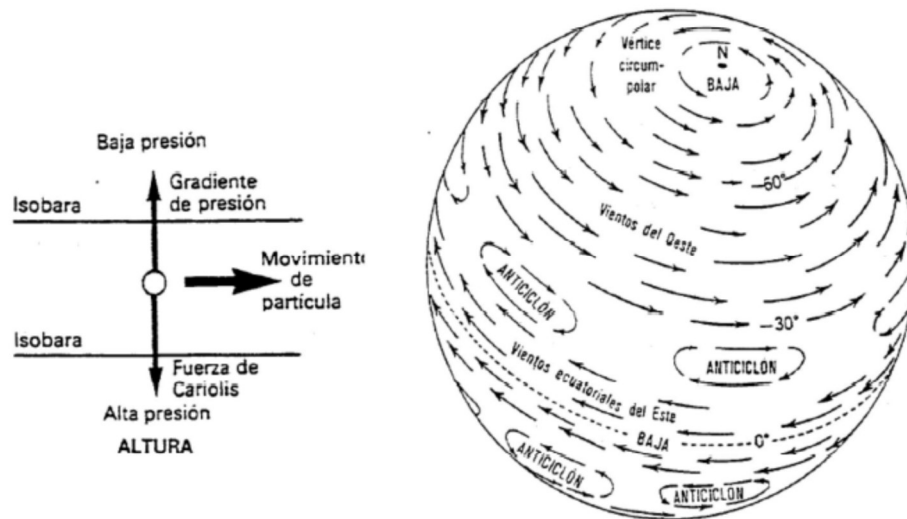
Fonte: Encyclopedia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Coriolis-force>

Acesso em: 10/06/2024.

Através desta força, podemos compreender conceitos fundamentais de fenômenos meteorológicos, tais como circulação atmosférica de larga escala e circulação de brisas e correntes marítimas, observa Borges e Braga (2010), dessa forma, observando a Figura 11 compreendemos como a força de Coriolis influencia a direção dos ventos e as correntes oceânicas, pois em altitudes elevadas, equilibra a força do gradiente de pressão, resultando em

ventos geostróficos que fluem paralelamente às isóbaras, conforme Rodríguez e León (2012), caso contrário oblíquas,

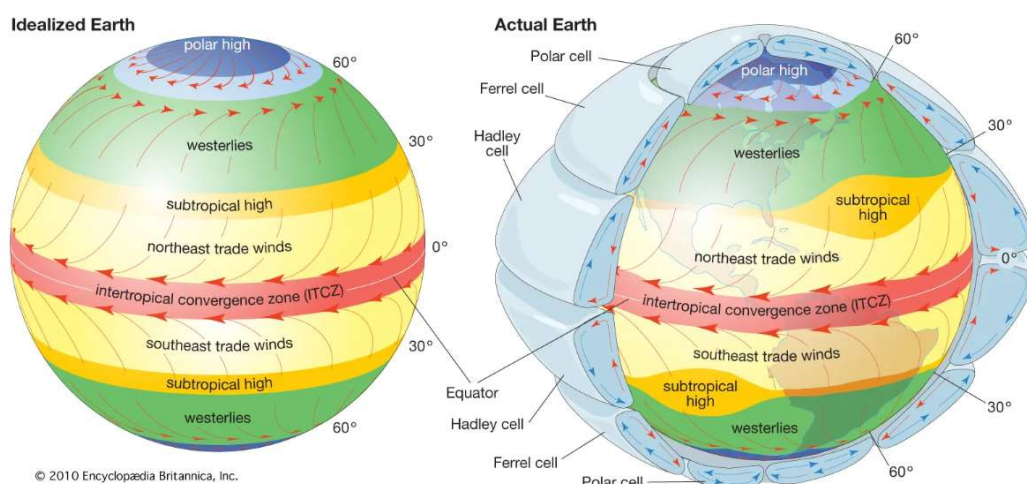
Figura 11 — Equilíbrio de forças entre o gradiente de pressão e a força de Coriolis (esquerda) e a formação dos ventos geostróficos paralelo a isóbaras (direita)



Fonte: Fundamentos de climatología, p. 35.

tornando-se essencial para a compreensão da formação dos padrões de circulação atmosférica das células Polares, Ferrel e Hadley, conforme Figura 12,

Figura 12 — Padrões gerais de circulação atmosférica sobre uma Terra idealizada com uma superfície uniforme (esquerda) e a Terra real (direita). Padrões horizontais e verticais de circulação atmosférica são retratados no diagrama da Terra real



Fonte: Encyclopedia Britannica, Disponível em: <https://www.britannica.com/science/atmospheric-circulation>, Acesso em: 10/06/2024.

Após dedicar-se aos ensaios da circulação da atmosfera, para explicar os ventos observados à superfície na zona tropical, chamados de ventos Alísios⁶, G. Hadley 1735, acreditava na existência de duas grandes células de circulação, uma em cada hemisfério. Posteriormente, William Ferrel em 1856, descobriu que para cada hemisfério, há três células de circulação, justificando os ventos observados também nas zonas de latitudes médias⁷ e circumpolares. Ele introduziu, ainda, a ação da força de Coriolis na deflexão do movimento do ar nas citadas células,

No entanto, o principal problema intrínseco a esses tipos de modelos não é apenas para justificar a existência de ventos predominantes, mas fazê-lo explicando como acontece o transporte de energia e de quantidade de movimento angular, necessário à manutenção do equilíbrio energético do sistema superfície-atmosfera. (Almeida, 2016, p. 133)

A atmosfera terrestre, segundo Sonnemaker (2009), é uma massa de ar presa à Terra pela gravidade, acompanhando-a em seus movimentos, é uma mistura de diversos gases e na superfície sua presença se faz sentir através da pressão que a atmosfera exerce em todas as direções. Suas camadas influenciam no conceito norteador da pressão atmosférica, variando em função da temperatura, densidade, altitude, umidade, latitude, variações diárias e dinâmicas.

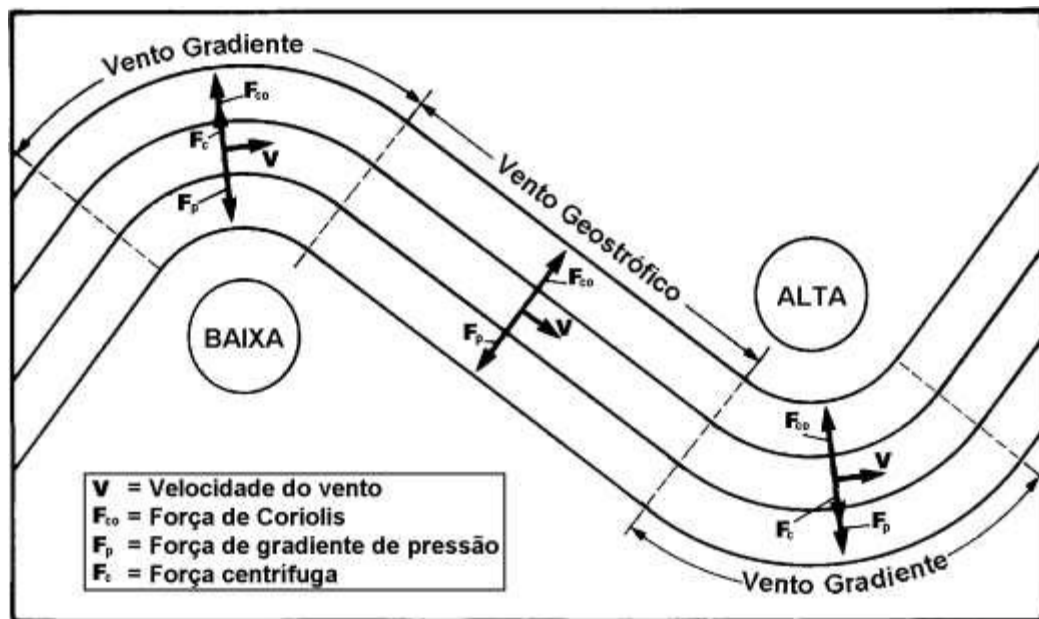
O que pode parecer inicialmente contraintuitivo, ajuda a compreender que o ar seco é mais denso que o ar úmido. Isso ocorre porque, ao nível do mar, a massa molar do ar seco é aproximadamente 29 g/mol , por sua composição (78% Nitrogênio, 21% Oxigênio, 0,93 Argônio, 0,07% outros gases). O acréscimo do vapor d'água no ar, tornando-o úmido, reduz a densidade porque a massa molar da água é de aproximadamente 18 g/mol .

Utilizaremos o vento como o resultado do deslocamento do ar perpendicular a um corpo sólido, capaz de causar uma obstrução em um sentido horizontal, pois tentando manter um equilíbrio de pressão, o vento sopra de uma alta pressão para uma baixa pressão e durante este deslocamento temos condições de modelar a pressão dinâmica que o mesmo exerce pela Equação de Bernoulli. A força motriz dos ventos é, portanto, um gradiente de pressão associado à força da gravidade, força centrífuga, força de Coriolis e força de atrito, conforme observado na Figura 13.

⁶ Os ventos alísios são, por definição, deslocamentos de massas de ar em direção à Zona de Convergência Intertropical do globo terrestre.

⁷ A latitude média é a região da Terra que está entre os trópicos e os polos, ou seja, entre 30° e 60° a norte ou a sul do Equador.

Figura 13 — Esquema mostrando o vento gradiente que representa um balanço entre a força de gradiente de pressão, a força de Coriolis e a força centrífuga



Fonte: Disponível em: <https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap7/cap7-5.html> Acesso em: 06/08/2023.

Logo, os conceitos de pressão, associados às linhas de corrente e à equação da continuidade do princípio de Bernoulli, poderão responder à seguinte questão:

Como calcular a pressão q em $[\text{N}/\text{m}^2]$ ou $[\text{kgf}/\text{m}^2]$ durante o impacto perpendicular de um fluxo de vento v_k , em $[\text{m}/\text{s}]$ ao atingir uma forma geométrica conhecida de área A em $[\text{m}^2]$?

2.3 Pressão atmosférica

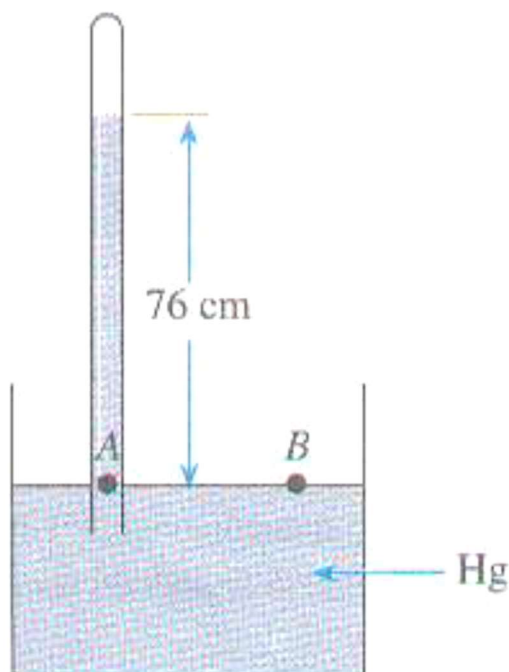
A atmosfera é um meio heterogêneo constituída de uma mistura de vários gases que exercem sobre a superfície terrestre uma determinada força por unidade de área. Ao peso exercido por essa coluna de ar, com seção reta e de área unitária, que se encontra acima do ponto de aplicação, em um dado instante e local, define-se como sendo a pressão do ar atmosférico ou pressão atmosférica, segundo Varejão (2006).

2.3.1 Torricelli e a pressão atmosférica

O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), realizou um experimento científico

buscando determinar a pressão atmosférica onde não houvesse variação de altitude, assim, o local estabelecido para a utilização do Barômetro de mercúrio (Hg), foi o nível do mar, conforme mostra a Figura 14 a seguir.

Figura 14 — Experiência de Torricelli em 1643, barômetro de mercúrio (Hg).



Fonte: Climatologia aplicada a geografia, p. 110.

O princípio do barômetro baseia-se na lei de Stevin⁸, logo não há diferença de pressão hidrostática entre dois pontos situados no mesmo nível, portanto as pressões nos pontos A e B são iguais e correspondem a razão do peso da coluna de mercúrio de seção transversal do tubo pela área de seção transversal do tubo, portanto, equivale a pressão atmosférica, conforme observado por Almeida (2016).

2.3.2 A pressão atmosférica e as unidades de medida

Considerando o experimento de Torricelli e utilizando os sistemas de medida MKS, CGS e SI⁹, podemos compreender algumas unidades que serão essenciais nas considerações

⁸ "O teorema de Stevin é a lei que afirma que a variação de pressão entre dois pontos de um fluido é determinada pelo produto entre a densidade do fluido, aceleração da gravidade e variação de altura entre esses pontos. Por meio do teorema de Stevin foi possível formular o teorema de Pascal e o princípio dos vasos comunicantes."

⁹ MKS e CGS são sistemas de unidades físicas que utilizam o segundo como unidade de tempo. O MKS é mais utilizado em engenharia e ciências, enquanto o CGS foi substituído pelo MKS e depois pelo Sistema Internacional de Unidades (SI).

subsequentes do cálculo da pressão dinâmica do vento e interpretações gráficas, logo definindo a pressão na equação (1) por:

$$P = F/A \quad (1)$$

Considere ainda tais elementos e respectivas unidades de medida:

- A força F em Newton; $F = M \cdot g$ [N]
- A área A em metros quadrados; A [m²]
- A pressão P em Pascal; P [Pa] no S.I. onde $1 \text{ Pa} = [\text{N}/\text{m}^2]$
- A aceleração da gravidade $g = 9,8066$ [m/s²]
- A massa $M = V \cdot \rho_{\text{Hg}} = (1) \cdot (13,6)$ [g/cm³]
- A medida hectopascal $\text{hPa} = 100 \text{ Pa}$, correspondente a 10^3 [dina/cm²] no CGS
- A medida polegada $1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm} = 25,4 \text{ mm}$
- A altura média da coluna de mercúrio é 760 mm ou 76 cm

Assim, a pressão exercida pela coluna de mercúrio cuja altura é 76 cm, com uma seção de 1 cm² sobre cada cm² da superfície substituindo os dados em (1) temos:

$$P = (76) \cdot (1) \cdot (13,6) \cdot (980,66) / (1)$$

$$P = 1013250 \text{ [dina/cm}^2\text{]}$$

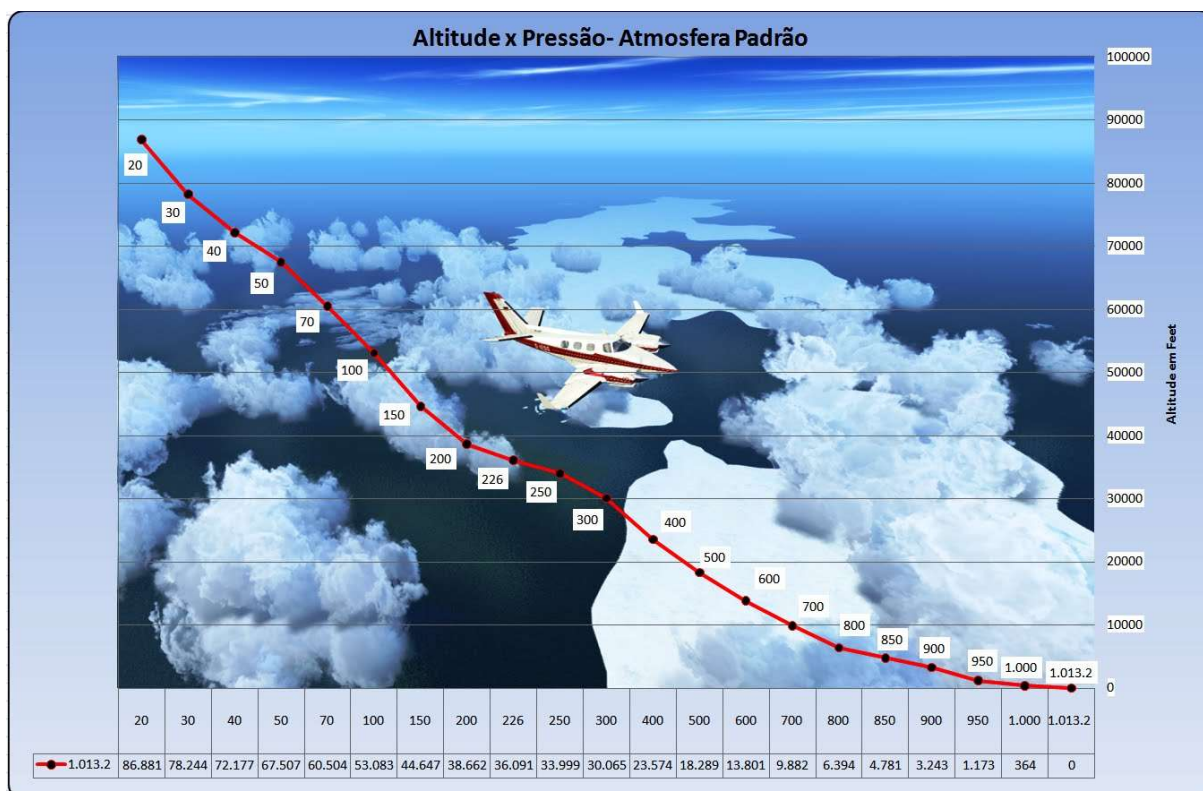
Segundo Sonnemaker (2009), podemos associar os seguintes valores médios equivalentes da pressão exercida sobre um determinado ponto ao nível do mar:

$$76 \text{ cm Hg} = 760 \text{ mm Hg} = 1.013,2 \text{ hPa}$$

Embora a unidade de pressão do Sistema Internacional SI seja o Pascal (Pa), é comum aplicações em distintos campos, como geoprocessamento, engenharias, meteorologia, climatologia, física, mecânica, entre outros, utilizarem unidades diferentes. Conforme evidenciado na Figura 15, os intervalos de pressões dos quais originam os gradientes de pressão são representados pela variação da pressão atmosférica (hPa) em detrimento da altitude (ft), uma unidade de comprimento do sistema inglês. A abreviação (ft), vem do inglês *foot* com a

equivalência de 1 ft = 12 in = 30,48 cm.

Figura 15 — Altitude x Pressão



Fonte: <https://diariodebordohofmann.blogspot.com/2011/01/pressao-atmosferica-o-peso-do-ar.html>

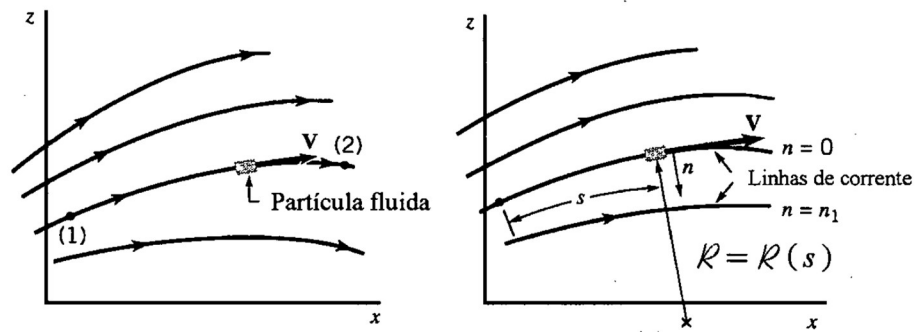
Acesso em: 18 set 2023

2.4 A modelagem da Equação de Bernoulli e a dinâmica dos fluidos

Em 1738, Daniel Bernoulli (1700-1782) publicou a obra “*Hydrodynamics*” (Hidrodinâmica), apresentando uma forma equivalente da equação usualmente conhecida como Equação de Bernoulli. O princípio da conservação de energia para os fluidos considerados ideais em fluxo estável ou aerodinâmico e é a base para muitas aplicações de engenharia, relaciona a velocidade e elevação em um fluido em movimento.

Para a utilização correta da Equação de Bernoulli, Munson, Young e Okiishi (2004) reforça que as hipóteses predecessoras precisam ser consideradas, sendo essencial que os efeitos viscosos sejam desprezados, o escoamento ocorra em regime permanente, o escoamento seja incompressível e a aplicação ocorra ao longo de uma linha de corrente. Um fluido, segundo Vilanova (2011), é uma substância que se deforma continuamente sob ação de uma tensão de cisalhamento, conforme observado na Figura 16,

Figura 16 — Escoamento de uma partícula no plano xz (esquerda); descrição do escoamento utilizando as coordenadas da linha de corrente (direita)

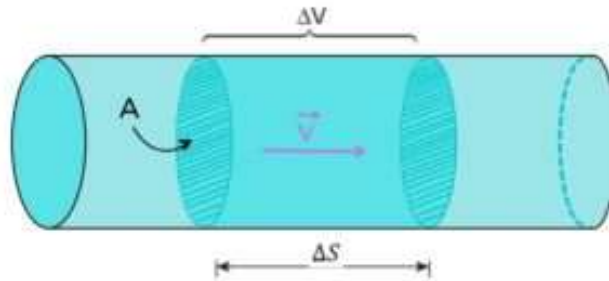


Fonte: Munson 2004, p. 102

2.4.1 A Equação de Bernoulli

A vazão Q , corresponde à razão entre o volume de fluido ΔV , que atravessa uma certa região de área A , com velocidade V , em um intervalo de tempo ΔT , decorrido nesse escoamento de espaço ΔS . Observando a Figura 17 e deduzindo a equação (2) temos,

Figura 17 — Volume de um fluido



Fonte: <https://aprovatotal.com.br/hidrodinamica/> Acesso em: 11/08/2023.

$$Q = \Delta V / \Delta T$$

como,

$$\Delta V = A \Delta S \text{ então } Q = A \Delta S / \Delta T$$

assim,

$$V = \Delta S / \Delta T \text{ então } Q = AV, \text{ logo,}$$

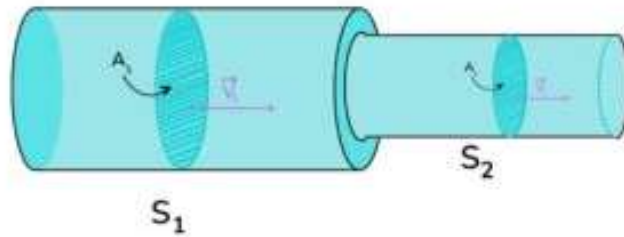
$$Q = AV$$

(2)

Considerando o fluxo da esquerda para a direita e as seções $S_1 > S_2$ na Figura 18, obteremos a equação (3), amplamente difundida como a equação da continuidade, pois o fluxo A_1V_1 na seção S_1 , será o mesmo ao passar pela seção S_2 , assim,

$$A_1V_1 = A_2V_2 \quad (3)$$

Figura 18 — Vazões com seções distintas

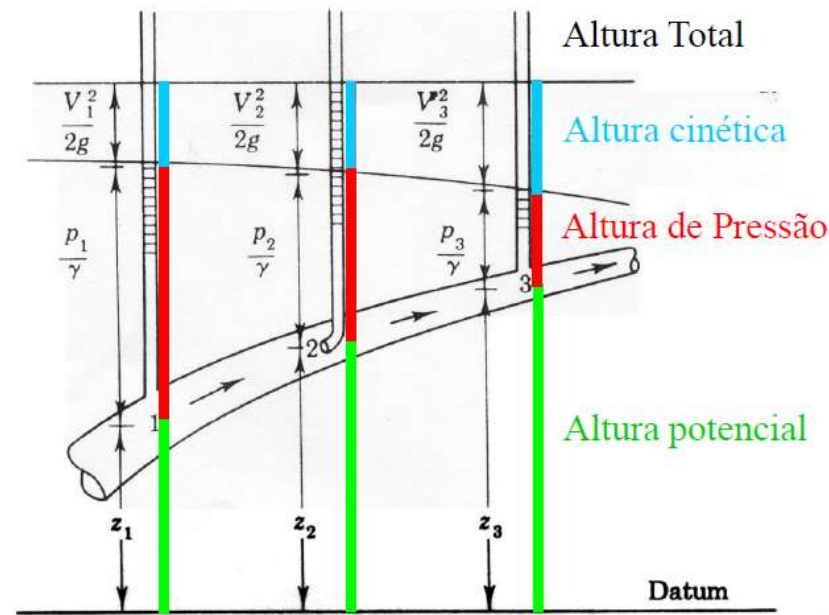


Fonte: <https://aprovatotal.com.br/hidrodinamica/> Acesso em: 11/08/2023.

Portanto, nota-se que, se a área diminuir, a velocidade deverá aumentar para manter constante a vazão, e vice-versa.

A Equação de Bernoulli, considerando o princípio da conservação da energia mecânica para fluidos, destacado na Figura 19, considera que no escoamento de um fluido perfeito incompressível em regime permanente, a energia total do fluido por unidade de peso permanece constante, observa Vilanova (2011).

Figura 19 — Altura total



Fonte: Rosa 2023.

Compreendendo a relação da energia associada à pressão do fluido, a energia potencial gravitacional de elevação e a energia cinética do movimento do fluido, temos a equação (4),

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (4)$$

- Z_1, Z_2 : energias potenciais de posição por unidade de peso, cargas de posição.
- $\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$: energias potenciais de pressão por unidades de peso, cargas de pressão.
- $\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ energias cinéticas por unidade de peso, cargas cinéticas.

Supondo um elemento de controle do fluido (ar), a posição de barlavento, conforme a Figura 20 (lado de onde o vento sopra), em uma mesma linha de corrente e paralela ao solo, teremos $Z_1 = Z_2$, quando ocorrer a obstrução do ar e associarmos as velocidades V_1 e V_2 , teremos $V_2 = 0$.

Figura 20 — Ações externas do vento em uma edificação



Fonte: https://aquarius.ime.eb.br/~moniz/metallica/estruturas_metalicas_2013_3.pdf. Acesso em: 11/09/2023.

multiplicando a equação (4) por γ e substituindo $V_2 = 0$ teremos,

$$\frac{\gamma V_1^2}{2g} = P_2 - P_1 = \Delta p = q$$

assim, a pressão dinâmica $\frac{\gamma V_1^2}{2g}$, será equivalente a pressão estática q ,

Considerando o peso específico do ar $\gamma = 1,2253 \text{ [Kgf/m}^3\text{]}$ e a aceleração da gravidade $g = 9,80665 \text{ [m/s}^2\text{]}$ obtemos a pressão de obstrução representada na equação (5),

$$q = \frac{\gamma V_1^2}{2g} = \frac{(1,2253) V_1^2}{(2) \cdot (9,80665)} = \frac{V_1^2}{16} \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$$

Utilizando $V_1 = V_0$ para cálculo se fatores estatísticos e $V_0 = V_k$ para uso da norma temos,

$$q = [\text{Kgf}/\text{m}^2] \quad (5)$$

A função $q(V_k) = \frac{V_k^2}{16}$; $V_k > 0$ tem um potencial educacional imensurável, pois qualquer indivíduo que possua o mínimo de conhecimento matemático tem então a capacidade de:

calcular a pressão q em $[\text{N}/\text{m}^2]$ ou $[\text{kgf}/\text{m}^2]$ durante o impacto perpendicular de um fluxo de vento v_k , em $[\text{m}/\text{s}]$ ao atingir uma forma geométrica conhecida de área A em $[\text{m}^2]$.

Se objetivo for aplicar o conceito da pressão dinâmica $q = \frac{V_k^2}{16} [\text{Kgf}/\text{m}^2]$ para o cálculo em projetos estruturais é necessário a determinação da velocidade característica do vento V_k de consoante a norma técnica vigente, no caso do Brasil a referência será a norma técnica NBR 6123:2023 Forças devidas ao vento em edificações.

A velocidade característica a ser utilizada em projetos técnicos de qualquer natureza considera os fatores (S_1, S_2 e S_3), sendo, S_1 um fator topográfico, S_2 rugosidade do terreno, dimensões da edificação, estrutura ou componente e altura sobre o terreno, S_3 fator estatístico que considera o grau de segurança requerido e a vida útil. Segundo esses fatores a equação (6), expressa a velocidade característica do vento,

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (6)$$

Sendo:

- V_0 : velocidade básica
- S_1 : fator topográfico
- S_2 : fator de rugosidade e dimensões da edificação
- S_3 : fator estatístico

Como o valor de V_k é diretamente proporcional aos valores de S_1, S_2 e S_3 , os mesmos podem minorar ou majorar a respectiva velocidade característica, caso o rigor não seja exigido e a aplicação possa ocorrer diretamente, seria o mesmo que considerar $S_1 = S_2 = S_3 = 1$.

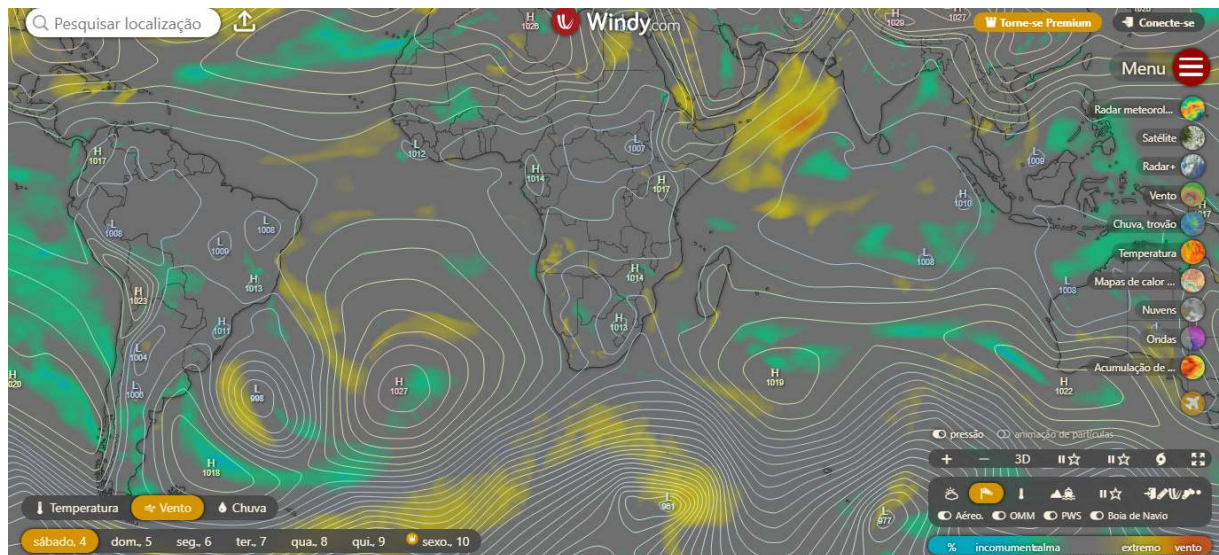
2.4.2 A Equação de Bernoulli e o STEAM

A possibilidade de utilizar elementos transdisciplinares no estudo da pressão dinâmica do vento, está normalmente atrelada a dependência de um momento de culminância científica por envolver uma gama de conceitos interdisciplinares.

No papel de mediador do conhecimento, o docente, pode utilizar ferramentas sofisticadas *freeware* para promover a autoria nos discentes e despertar o conhecimento.

Algumas plataformas climáticas, com dados geoespaciais atualizados, mostram infindáveis recursos educacionais gratuitos. Destacamos na Figura 21, as linhas de pressão atmosférica e a velocidade dos ventos da plataforma *Windy*,

Figura 21 — Isóbaras de pressão e velocidade do vento Hemisfério Sul

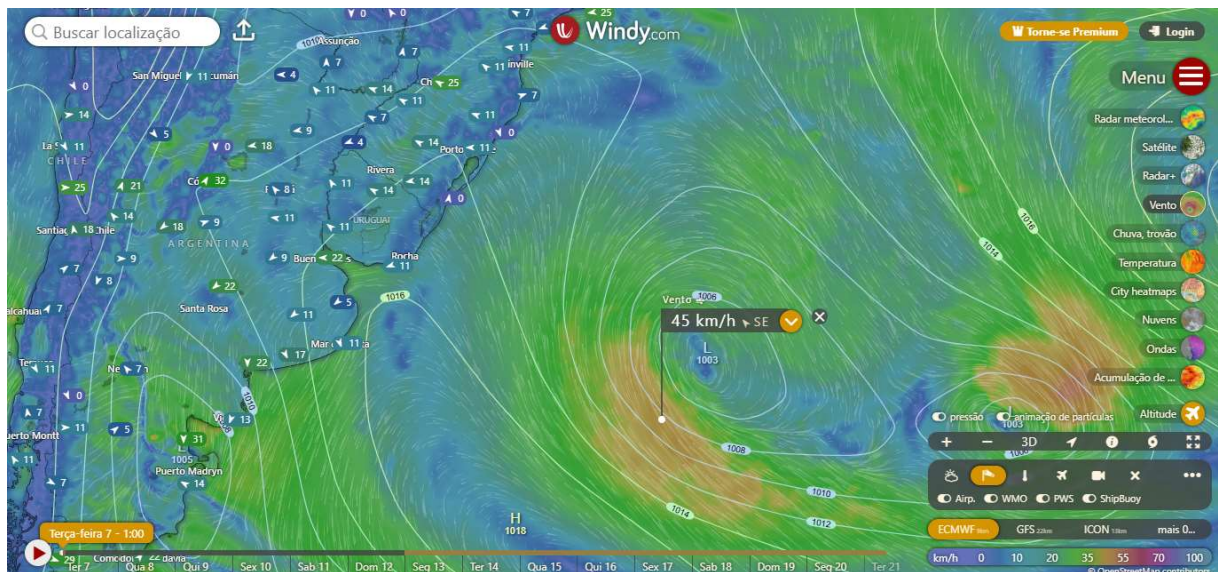


Fonte: Acervo do autor. Disponível em: <https://www.windy.com/> Acesso em: 18/08/2024

Nesta plataforma interativa, o discente, através da tecnologia, tem condições de compreender os conceitos científicos de fluxo e linha de corrente, como as pressões influenciam na formação dos ventos e das correntes marítimas. As sobreposições de efeitos podem ser ativadas complementarmente a fim de compreender as influências da diferença de pressão e a força de Coriolis na modelagem do vento.

No Brasil, embora a diferença de pressão na porção continental seja pequena dada a vasta extensão, na área costeira principalmente no sul e sudeste do país, pela proximidade da Antártida é fácil perceber a velocidade superior do vento, conforme a Figura 22, a velocidade básica do vento é $V_0 = 45$ [m/s].

Figura 22 — Velocidade do vento em área oceânica no Hemisfério Sul



Fonte: Acervo do autor.

Como utilizar a plataforma e essa geolocalização cuja velocidade básica do vento e $V_0 = 45$ [m/s] para compreender a pressão dinâmica do vento na perspectiva STEAM?

Recorrendo a NBR 6123:2023, nota-se que inúmeros municípios brasileiros, densamente habitados, estão sujeitos a uma pressão dinâmica do vento cuja velocidade básica pode assumir o valor de 45 [m/s]. Esta informação pode ser utilizada em qualquer contexto, de fatos históricos a projeções climáticas futuras.

As grandes navegações dos XV e XVI que permitiram as expansões comerciais e territoriais por meio da exploração marítima ocorreu por meio desenvolvimento da ciência, engenharia e matemática, porém a evolução precisou da criação para se sustentar e os relatos da invenção do barco a vela remete a aproximadamente 5.000 anos atrás.

Por volta de 2.500 a.C., com as necessidades dos povos egípcios de estabelecerem seus comércios, assim como a civilização suméria, foi possível identificar os primeiros indícios do uso da força do vento para o deslocamento de pessoas e mercadorias por longas distâncias, tudo isso graças aos barcos a vela, conforme Oeste Marine (2023).

Hoje, se um barco veleiro, movido parcial ou completamente por pequenas velas, navegar neste ponto, qual será a pressão dinâmica do vento por unidade de área se nessa geolocalização $V_0 = 45$ [m/s]?

Considerando $V_k = V_0 = 45$ [m/s], e a equação (5) dada por $q = \frac{V_k^2}{16}$ [Kgf/m²] temos:

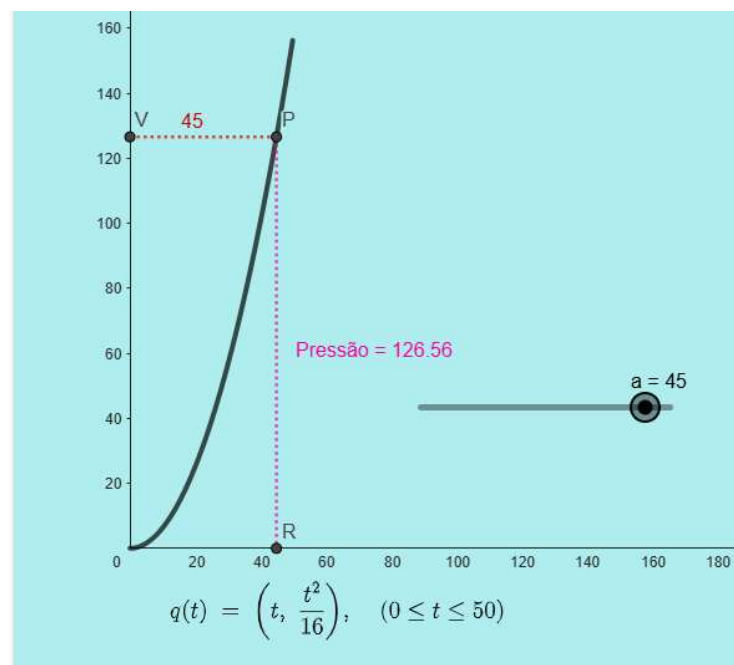
$$q = \frac{45^2}{16}, \text{ logo } q = 126,5625 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$$

Dependendo das dimensões da embarcação, do formato, dimensões das velas e desconsiderado o coeficiente de arrasto, o valor aproximado da pressão dinâmica pode ser obtido pela multiplicação de $q = 126,5625 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$ pela área atacada.

Outra abordagem interessante ocorre sobre o comportamento de $q = \frac{V_k^2}{16} \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$ como uma função quadrática, onde a velocidade característica seja um parâmetro que possa variar mostrando o quanto a pressão aumenta com incrementos significativamente pequenos, uma vez que a pressão é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade. Como interpretar a variação da pressão dinâmica à medida que ocorrer a variação da velocidade?

O discente, vivenciando a modelagem matemática, pode visualizar os conceitos matemáticos e físicos da equação de Bernoulli, compreendendo que o vento com velocidades plausíveis de ocorrer em solo, no caso 45 [m/s] tem um poder de transmitir uma carga de $126,5625 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$. Utilizando o software freeware GeoGebra e a função $q(V_k) = \frac{V_k^2}{16}$ parametrizada como uma curva $q(t) = \text{Curva} \left(\left(t, \frac{t^2}{16} \right), t, 0, 50 \right)$, é uma forma prática do discente utilizar os recursos tecnológicos gratuitos como ferramenta educacional, como na Figura 23.

Figura 23 — Pressão $q = 126,5625 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$ para $V_k = 45 \text{ [m/s]}$, animação Geogebra



Fonte: Acervo do autor.

Além da interpretação gráfica disponível no Geogebra outras perguntas relativas às

concepções utilizadas para deduzir a equação de Bernoulli podem surgir e se transformar em uma imersão STEAM e modelagem experimental envolvendo o princípio da Conservação da Energia Mecânica, usando a energia cinética e energia potencial gravitacional.

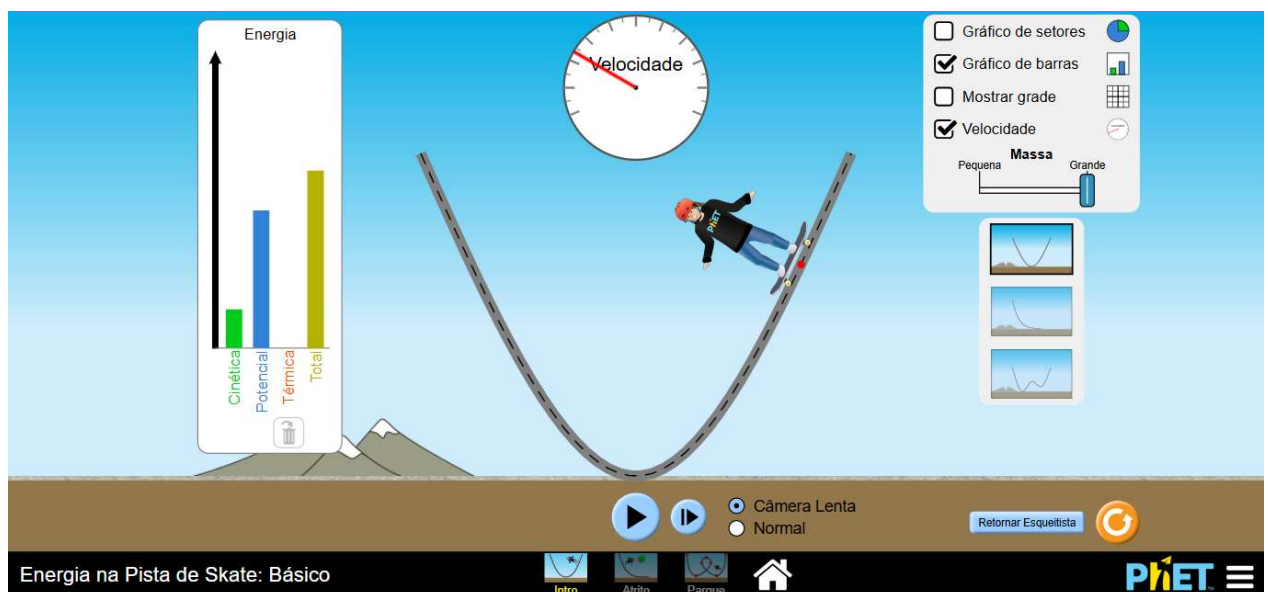
Para ilustrar a modelagem de forma complementar e interativa, há a possibilidade de acesso gratuito à plataforma de simulações *PhET Interactive Simulations*.

Cravo e Espartosa (2021), observa que, a plataforma educacional é uma ferramenta com características que potencializam o ensino de ciências e áreas correlatas. Oferece uma ampla variedade de simulações, especialmente para as disciplinas de física, com integrações associadas a conceitos de energia e fenômenos dos transportes fluidos nas engenharias.

Permite aos usuários explorar conceitos e fenômenos que não são facilmente acessíveis em um ambiente comum de sala de aula ou até mesmo laboratórios físicos por simular virtualmente, experimentos que necessitariam de bancadas e instrumentos específicos, restritos a universidades e centros privados de ensino. Embora a sua utilização seja gratuita e democrática, como em qualquer outro software, a consciência das limitações e interpretação dos seus resultados requer depende de uma operação crítica e reflexiva.

Nessa perspectiva, a Figura 24 mostra uma simulação de um skatista em uma pista interativa, onde a conservação de energia em relação a posição do móvel pode ser visualizada graficamente, enriquecendo a compreensão das correlações entre massa e energia, posição e velocidade, energia cinética e potencial.

Figura 24 — Variação da energia cinética e energia potencial, simulação PhET



Fonte: Acervo do autor.

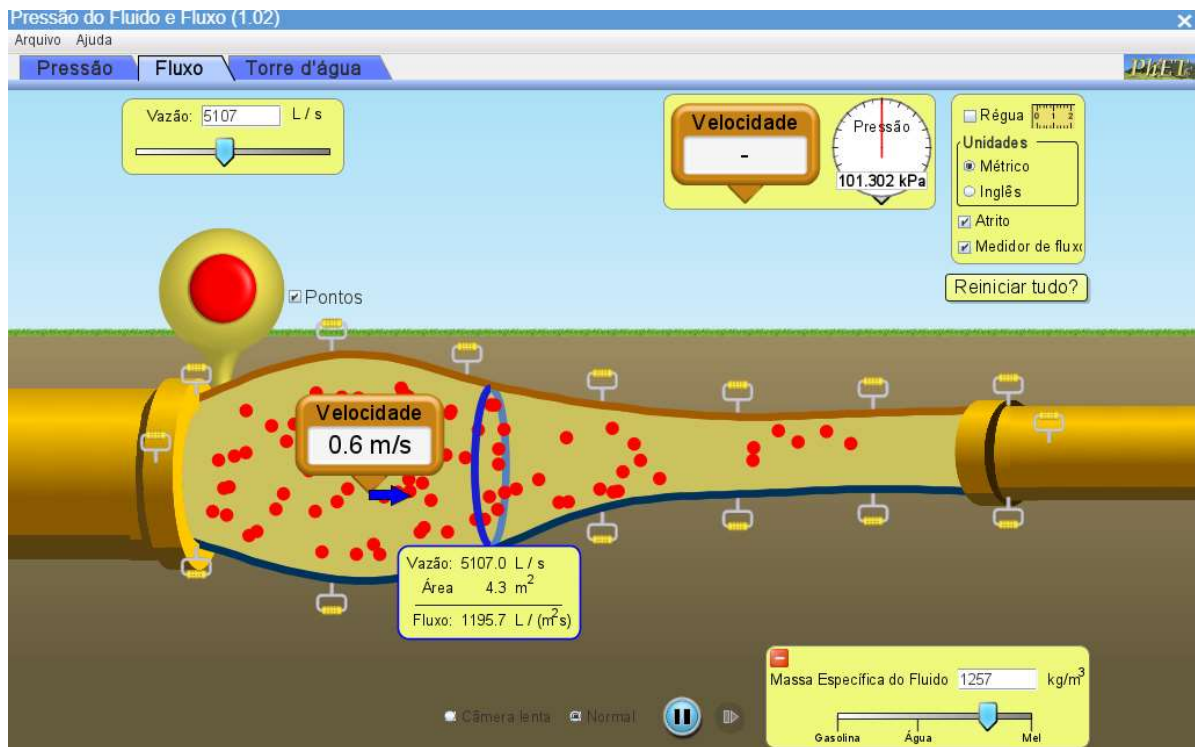
Na intenção de complementar e abranger os conceitos de linha de corrente associados

ao fluxo do fluido vento e utilizando o simulador de dinâmica dos fluidos da plataforma PhET, o discente poderá modelar a geometria do escoamento e visualizar a equação da continuidade variando a vazão, velocidade e área da seção.

Embora o fluxo no simulador ofereça a possibilidade de fluidos com densidade diferente da que procuramos, a interação visual compensa a limitação.

Por ser extremamente intuitiva, a plataforma permite alcançar os objetivos de aprendizagem ao investigar, na Figura 25, como ocorre a alteração da pressão ao mudar os parâmetros disponíveis e como são interdependentes.

Figura 25 — Fluido e pressão, simulação PhET



Fonte: Acervo do autor.

3. EXPLORANDO O VENTO V_k

3.1 O Brasil e o adensamento populacional

Apesar do Brasil ser um território que possui dimensões continentais, com uma área estimada em 8.510.417,771 km², conforme dados do IBGE (2022), a ocupação demográfica do país é marcada por uma densa concentração populacional litorânea distribuídas ao longo de aproximadamente 8.000 km de costa, conforme visualizamos na Figura 26,

Figura 26 — Distribuição da população brasileira em 2022

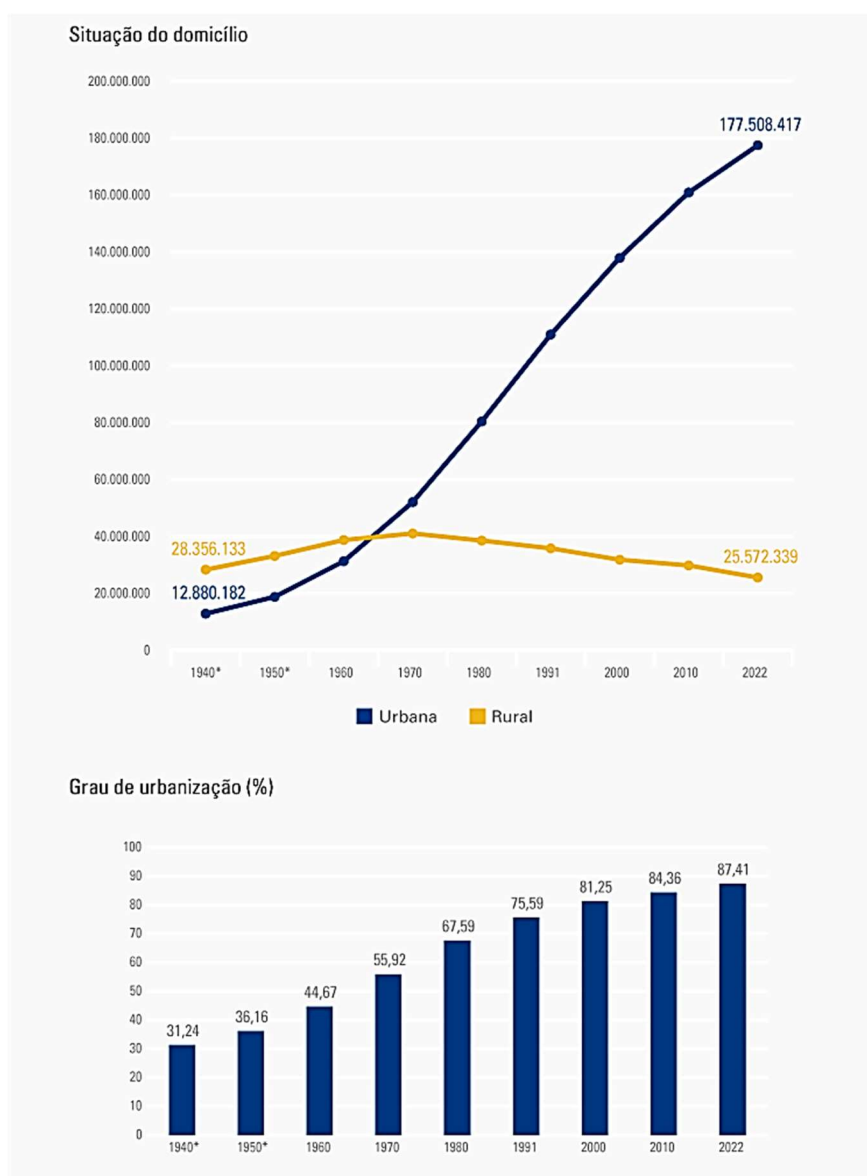


Fonte: IBGE 2022.

Este adensamento considerando a proporção de 1 ponto representando 10.000 habitantes, nos fornece uma razoável dimensão dos municípios mais representativos alocados em cada estado federativo, cujas distribuições contrastam entre os espaços naturais, rural, em transição e urbano, seja de pequena, média ou grande dimensão.

Segundo o IBGE (2022) a população urbana deu um salto vertiginoso no grau de urbanização em meados da década de 60, atingindo patamares que podem ultrapassar os 87%, conforme observado na Figura 27, com dados do censo compreendidos entre os anos de 1940 a 2022,

Figura 27 — Populações residente do Brasil: situação de domicílio e grau de urbanização 1940/2022



Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL – IBGE, Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://nlink.at/qpL4>, Acesso em: 26/12/2023.

Observando a heterogeneidade da distribuição urbana no território brasileiro, nota-se que a mesma deve estar associada às condições sociais e econômicas da população que moldaram o relevante contexto da expansão, conforme observado.

O espaço heterogêneo, fragmentado e hierarquizado da cidade expressa as condições de vida daqueles que o ocupam, condicionando várias dimensões da estrutura social (econômicas, políticas e ideológicas) que nele se reproduzem. Essas dimensões estão relacionadas com as condições de vida específicas de cada grupo social, em cada local. E o conhecimento delas, por meio de variáveis e indicadores selecionados, permite uma aproximação, ao menos em parte, com a complexidade das relações institucionais e humanas. Considerar as distinções do espaço urbano, portanto, constitui uma das estratégias fundamentais para o entendimento desses aspectos sociais, de sua variabilidade e variação ao longo do tempo. (Nery, Souza e Adorno, 2019; p. 29)

Pela ótica de Vilaça (2011), o espaço urbano é visto como um produto do trabalho humano, logo, as interações entre a estrutura e o planejamento urbano, bem como os materiais e métodos construtivos utilizados, tornam um espaço natural em antropizado¹⁰. Tais espaços, destacados na Figura 28, possuem contrastes entre estruturas verticais e horizontais com finalidades residenciais, comerciais, industriais e outros tantos que compõem a paisagem urbana.

Figura 28 — Contraste urbano, Paraisópolis em São Paulo



Fonte: Unequalscenes, Disponível em: <https://unequalscenes.com/brazil>. Acesso em: 08/06/23.

¹⁰ Área onde há ocupação humana, com o exercício de atividades sociais, econômicas e culturais sobre o ambiente.

No Brasil, o direito à moradia é garantido no artigo 6º da Constituição brasileira. Embora esse direito fundamental também esteja descrito na ficha 21 da Declaração Universal dos Direitos Humanos, a realidade não reflete os preceitos, (DUDH, 1948).

Primeiramente, a segurança da posse varia segundo o sistema jurídico legal e cultural, por vezes sem a disponibilidade de serviços básicos, infraestrutura e equipamentos públicos BRASIL (2019). A acessibilidade e habitabilidade da moradia resistente a intempéries esbarra no custo de aquisição principalmente pelos grupos economicamente vulneráveis, normalmente a localização é ditada pela especulação imobiliária e se subsidiadas estão sujeitas a forma cultural de construir e utilizando os materiais disponíveis equalizados a condição econômica de aquisição, conforme o Gabinete do Alto Comissariado das Nações Unidas para os Direitos Humanos (ACNUDH, 2009).

Toda construção independente de sua localização está sujeito as forças que regem o planeta, que por sua vez transcende os níveis sociais e econômicos mesmo que a divisão espacial seja simbolizada por um muro, rua, rio ou qualquer outro limite físico ou geográfico, portanto, ambientes que se contrastam pela ocupação restritiva ou desordenada podem ter estruturas diferentes sob o mesmo tipo de ação climática, seja essa construção estável ou instável frente aos parâmetros legais, como na Figura 29.

Figura 29 — Uma tempestade em Manaus ultrapassa a divisa entre a floresta amazônica e a cidade



Fonte: Unequalscenes, Disponível em: <https://unequalscenes.com/brazil>. Acesso em: 08/06/23.

3.2 NBR 6123:2023 e a segurança técnica

Um ponto crítico relacionado às ocupações, versa sob a perspectiva das ações do vento que influenciam no desempenho e segurança das construções legais ou ilegais. Qualquer elemento estrutural ou moradia que possa sofrer sua influência estarão sujeitas a cargas delimitadas por normas técnicas que respaldam a engenharia, em especial a NBR 6123:2023.

As previsões climáticas no Brasil restringem-se normalmente às mudanças de temperatura e índices de precipitações pluviométricas. O conhecimento sobre a velocidade do vento e a importância da NBR 6123:2023 não deveriam ser de conhecimento e domínio restrito a pesquisadores e cientistas.

A ação dinâmica do vento é um processo estocástico aleatório e furacões, tornados e tempestades, sob ação do vento ou acompanhados de precipitações, são fenômenos climáticos cujos estudos estatísticos avançam continuamente, embora *outliers* possam ocorrer, conforme observado,

Qualquer tipo de variável sob estudo pode ser influenciada pela presença de observações atípicas ou outliers. Essas observações influenciam diretamente na homogeneidade de uma série temporal, ocasionando interpretações e inferências errôneas da variável sob estudo. Em climatologia, os outliers podem ser originados pela mudança do local de observação, por erros instrumentais, por erros dos observadores, pelo fechamento de estações de monitoramento, dentre outros. (Andrade, 2013).

Nesta evolução, há um interesse em separar os eventos de tempestades em não-sinóticos e sinóticos¹¹, devido às suas diferentes características, Vallis (2019), salienta a existência de estudos produzidos por modelos climáticos regionais de ventos extremos atualizados em todo o Brasil com variações consideráveis que servem de avanços para serem usados tanto em casos de estados limite último e de do projeto.

3.3 Desastres meteorológicos e a NBR 6123:2023

No cotidiano, os noticiários e as redes sociais inundam as telas com fotos e vídeos de flagrantes, onde os fenômenos climáticos assolam espaços físicos e antrópicos. São

¹¹ A necessidade da separação de eventos de vento por tipo é devida aos seus diferentes perfis verticais de velocidade média do vento e de intensidade de turbulência, espectro de turbulência, fatores de rajada e frequência de ocorrência.

erroneamente nomeados como fúrias da natureza, pois tudo que foge do intuitivo, do ponto de vista de quem está avaliando o fenômeno, embora atípico, tem uma justificativa científica plausível, mesmo que raro ou com um tempo elevado de retorno.

Dados estruturados em gráficos, tabelas ou em mapas, nos quais é possível observar os detalhes das ocorrências e danos associados a cada município, estão disponíveis a cidadãos e gestores interessados em mensurar os prejuízos astronômicos causados não somente pelas anomalias climáticas globais, mas também pela negligência ou total desconhecimento da capacidade destrutiva do vento se a NBR 6123:2023 for ignorada.

O Atlas de Desastres no Brasil surgiu a partir de uma cooperação técnica entre o Banco Mundial e a Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – Ceped/UFSC.

Atualmente, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sedec/MIDR mantém o projeto atualizado, também por meio de parceria com o Ceped/UFSC. A Tabela 4 mostra dados notificados e registrados entre 1991 e 2021, por estados e municípios, das principais ocorrências climáticas que afetam o país,

Tabela 4 — Dados de desastres climáticos no Brasil entre 1991 e 2023

Estado	Óbitos	Desalojados e Desabrigados	Feridos	Enfermos	Afetados	Dano Material	Prejuízo Total
AC	13	143621	442	51185	2089245	R\$ 1.073.000.616,74	R\$ 530.609.908,27
AL	67	342822	2734	24728	6541693	R\$ 13.118.014.935,05	R\$ 12.342.616.152,50
AM	156	1191142	22664	355532	5802087	R\$ 4.493.106.469,10	R\$ 5.197.121.540,74
AP	16	29778	4185	4815	563557	R\$ 182.715.058,55	R\$ 94.270.367,27
BA	201	587758	4614	209139	36043752	R\$ 6.381.934.772,06	R\$ 42.274.326.275,38
CE	61	289911	2200	134604	16631130	R\$ 2.741.898.832,70	R\$ 27.642.712.412,11
DF	24	42	13	24662	2130243	R\$ 2.485.658,78	R\$ 39.464.246,01
ES	108	313816	1774	36511	8222112	R\$ 5.715.091.110,72	R\$ 23.554.090.294,52
GO	14	14608	165	277	3526772	R\$ 846.141.946,36	R\$ 1.605.868.520,32
MA	64	469745	3006	68512	3121967	R\$ 3.503.552.530,00	R\$ 3.250.938.208,12
MG	565	916148	14474	58248	24387965	R\$ 15.770.110.654,98	R\$ 54.980.593.841,34
MS	45	37050	815	15804	2214344	R\$ 1.126.579.999,42	R\$ 22.223.475.963,80
MT	17	42300	832	8178	5182137	R\$ 2.701.829.804,16	R\$ 23.597.956.150,20
PA	260	665021	6232	122509	5575653	R\$ 4.574.181.846,42	R\$ 4.031.667.096,11
PB	37	105572	2007	3819	11365650	R\$ 1.429.162.631,53	R\$ 24.066.877.320,88
PE	291	545084	21869	41081	19570537	R\$ 7.336.701.293,10	R\$ 34.274.292.185,01
PI	27	185433	732	20252	6318274	R\$ 1.279.200.533,68	R\$ 17.936.038.695,41
PR	93	419332	2925	10202	5305565	R\$ 7.820.236.865,94	R\$ 45.261.426.198,44
RJ	1777	585312	11190	25399	8097562	R\$ 16.076.415.062,36	R\$ 8.374.154.637,42
RN	20	100102	439	42257	7443558	R\$ 1.092.121.177,96	R\$ 9.062.643.587,03
RO	4	38314	111	2173	542336	R\$ 669.131.773,66	R\$ 1.443.259.070,56
RR	7	8760	319	5966	226613	R\$ 295.286.371,99	R\$ 598.694.058,28
RS	153	886556	5491	10882	21922541	R\$ 8.817.386.082,61	R\$ 125.056.493.436,35
SC	336	1268287	12717	9213	20018520	R\$ 14.786.196.426,87	R\$ 55.147.152.848,26
SE	10	24464	721	3551	2126009	R\$ 308.365.740,14	R\$ 7.743.574.289,55
SP	775	414117	2935	38694	7469584	R\$ 9.715.198.148,78	R\$ 19.121.136.440,09
TO	1	19241	119	1083	154709	R\$ 139.958.493,32	R\$ 1.197.120.398,62
Total	5142	9644336	125725	1329276	232594115	R\$ 131.996.004.836,95	R\$ 570.648.574.142,58

Fonte: Sedec/MIDR 2024.

O Atlas digital possui um mapa interativo que auxilia na compreensão do quanto o conhecimento na área é incipiente, pois grande parte dos percentuais e cifras astronômicas oriundas de tais catástrofes seriam evitadas se as ocupações ocorressem ordenadamente e se construções residenciais, comerciais e de logística fossem devidamente projetadas para suportar as velocidades previstas em norma (casos extremos) as quais são muito superiores em relação a velocidades cotidianas (casos típicos). O mapa interativo do Atlas digital,

... inclui interface de consulta e manual com a metodologia de tratamento dos dados, que foram atualizados até 2021. Um de seus objetivos é que ele possa ser empregado como um instrumento de apoio à tomada de decisão sobre investimentos e políticas públicas voltadas à redução de desastres. (Brasil 2024).

O Departamento de Articulação e Gestão da Defesa Civil Nacional destaca ainda que os dados monetários referentes aos danos materiais e prejuízos referem-se ao período de 1995 a 2021. Os valores foram corrigidos para o ano de 2021, possibilitando a comparação direta entre os diferentes anos, Brasil (2024).

Observando os dados na Figura 30, verificamos que fatores meteorológicos no qual o vento está inserido, correspondem a 9,61% dos desastres se olhado isoladamente, mas se o associar a fatores hidrológicos o percentual salta para 48,19%.

Figura 30 — Protocolos por grupo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023



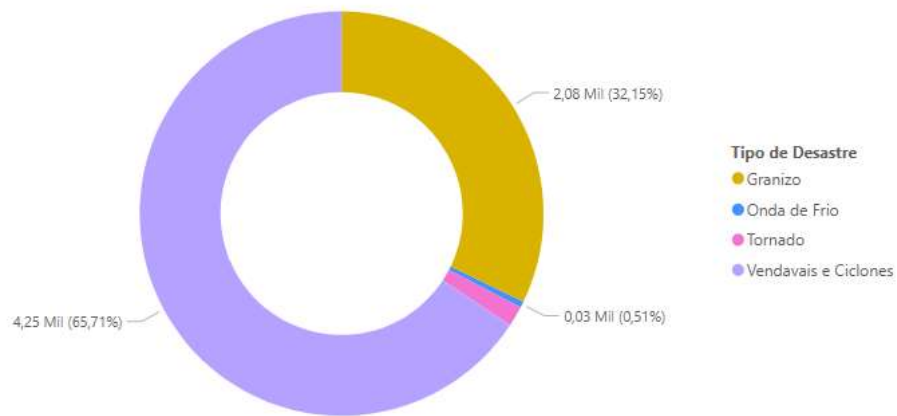
Fonte: Sedec/MIDR 2024.

Os dados podem ainda ser minorados por subnotificações dos mais variados motivos, mas são suficientes para compreender que um fenômeno natural pode representar riscos da mesma forma que o conhecimento pode evitá-los.

As Figuras 31 e 32 mostram os protocolos por tipo de desastre meteorológico e danos relacionados ao vento, onde vendavais e granizo são disparados os problemas que mais afetam recorrentemente o país.

Figura 31 — Protocolos por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023

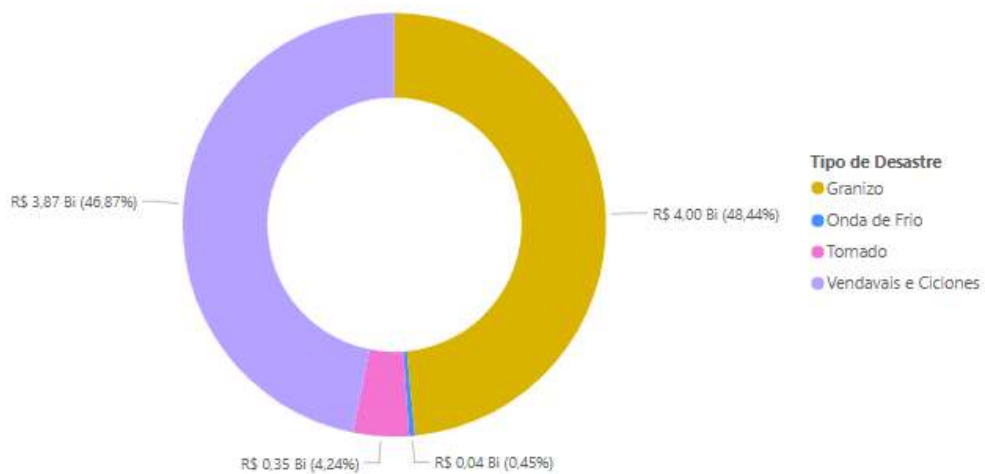
Protocolos, por tipo de desastre



Fonte: Sedec/MIDR 2024.

Figura 32 — Danos materiais por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023.

Danos Materiais, por tipo de desastre

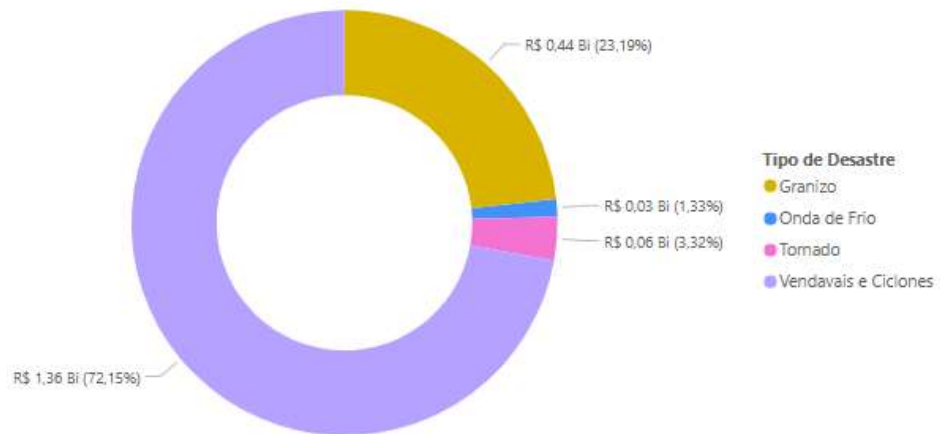


Fonte: Sedec/MIDR 2024.

Os prejuízos alcançam cifras astronômicas, sendo destacados nas Figuras 33 e 34, onde o vento é a causa preponderante das percas financeiras nas esferas públicas e privadas,

Figura 33 — Prejuízo público por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023

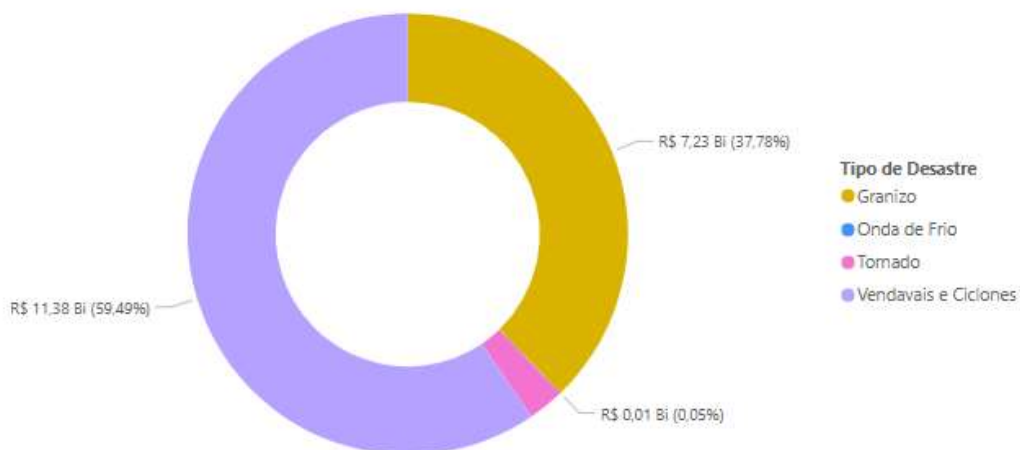
Prejuízo Público, por tipo de desastre



Fonte: Sedec/MIDR 2024.

Figura 34 — Prejuízo privado por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023.

Prejuízo Privado, por tipo de desastre



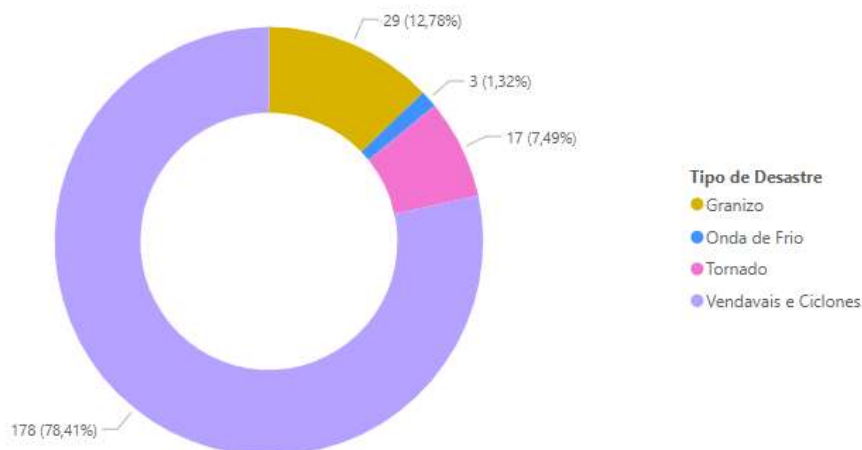
Fonte: Sedec/MIDR 2024.

O número de óbitos por acidentes relacionados ao vento, conforme a Figura 35, é alto o suficiente para questionar o quanto poderia ter sido evitado, o que realmente foi uma fatalidade causado por um vento característico acima dos valores considerados seguros ou fruto do

desconhecimento do poder destrutivo da carga dinâmica do vento.

Figura 35 — Óbitos por tipo de desastre no Brasil entre 1991 e 2023

Óbitos, por tipo de desastre



Fonte: Sedec/MIDR 2024.

Os dados trazem reflexões em relação ao nível educacional no qual a velocidade e a pressão dinâmica do vento são abordadas. Normalmente, o tema é restrito aos cursos de engenharia, associados aqueles que possuem o conhecimento sobre a existência e utilidade da norma. Neste viés, sugerimos o estudo do tema ainda na Educação Básica, para que docentes e discentes sejam capazes e atuar vigilantemente como cidadão, seja profissionalmente instalando fachadas, outdoors, telhados, andaimes ou presenciando a construção de uma obra residencial, predial, comercial, de armazenagem, para fins próprios ou de terceiros inseridos na sua comunidade.

3.4 O vento no brasil e a NBR 6123:2023

Segundo, Siedler e Rocha (2012), em 1950 Joaquim Blessmann, conclui o curso de engenharia Civil na UFRGS, 1958 começa a estudar a ação dos ventos nas construções, continuando os estudos tornou-se mestre em 1963 pelo Instituto Tecnológico de Aerodinâmica (ITA) do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e em 1973 Doutor pelo (ITA). Em 1978 coordena o grupo que elabora a Norma Brasileira de Vento NBR 6123 – Forças devido ao vento em edificações. As normas tornaram as construções mais seguras, reduzindo em até 80% o número

de acidentes que ocorriam pela ação do vento nas estruturas.

Neste sentido, a compreensão da NBR 6123:2023 é relevante. Entender os principais pontos que norteiam o texto, com foco na modelagem do vento para níveis fundamentais de conhecimento e utilização de uma norma de vento, torna-se indispensável para obter a velocidade básica do vento V_0 [m/s] e a velocidade característica V_k [m/s].

3.5 Efeitos da ação do vento

Pela perspectiva da engenharia, entendo que o objetivo primordial de um projeto é garantir que, ao ser executado, o mesmo atenda aos parâmetros de segurança estrutural para resistir às ações e intempéries, servindo a seu propósito de ocupação. Pela perspectiva da matemática, compreendo que estatisticamente um modelo pode ter seus parâmetros extrapolados e a probabilidade nos garante uma margem de segurança que equilibra a balança entre o efetivamente seguro e o economicamente viável.

Continuamente, ao longo da história das civilizações, a Engenharia Civil evolui exponencialmente. A otimização econômica fomenta a busca por estruturas cada vez mais leves e esbeltas, com vãos livres cada vez maiores, Blessmann (2001). Não bastassem esses desafios, há ainda escassez de mão de obra qualificada e, em muitos casos, de materiais.

Todas as etapas que compõem um projeto devem ser realizadas atentamente para evitar qualquer falha quanto aos fatores e cargas que solicitam a estrutura. Dentre os pontos mais importantes na elaboração está a ação destrutiva do vento Figura 36, a fim de suportar os seus efeitos nocivos, que em certos casos, como coberturas, galpões, pontes e edifícios, é um dos principais fatores para modelagem e a análise estrutural da construção.

Figura 36 — Barracão destruído pelo vento em Matão



Fonte: Disponível em <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/vendaval-provoca-falta-de-energia-em-sao-carlos-e-regiao/140831/>. Acesso em: 25/08/2023.

Um caso comparativo simples pode ilustrar o risco da percepção intuitiva face ao rigor da norma. O *carport*¹², deve ter sua produção e instalação dimensionadas segundo as normas técnicas vigente. Neste caso, a NBR 6123:2023 mostra que a velocidade característica do vento nesta geolocalização, pode alcançar 45 [m/s]. Na Figura 37, temos um modelo dimensionado para este vento extremo, instalado no Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação (SEL) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP.

Figura 37 — Cobertura RTD Engenharia e WEG Solar (SEL/EESC/USP)



Fonte: Disponível em: <https://sel.eesc.usp.br/garagem-coberta-com-painéis-solares-e-instalada-no-sel/>. Acesso em: 14/06/2023.

Um levantamento do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), apontou São Carlos (SP) como a segunda cidade do Estado de São Paulo com maior velocidade do vento. A divulgação desta informação, embora importante, não esclarece ao leigo que a velocidade média atingida pelo vento, ainda que pareça alta, não corresponde à máxima estimada pela NBR 6123.

A Figura 38, mostra que a média passa dos 12 [km/h], o que acontece pela localização geográfica, ou seja, 12,1 [km/h] equivale aproximadamente à 3,36 [m/s], valor muito inferior aos 45 [m/s] que pode atingir a região.

¹² Uma cobertura modular para estacionamentos que proporciona proteção e sombra, ao mesmo tempo que gera energia limpa por meio de painéis fotovoltaicos.

Figura 38 — Velocidade média do vento em São Carlos



Fonte: G1 Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/4294825/> Acesso em: 16/09/2024.

Os conceitos técnicos, não dificultam o entendimento da norma por um leigo, se o mesmo teve um o primeiro contato com a equação (5) e compreende que a NBR 6123:2023 é de domínio público e traz um mapa do Brasil com linhas características da velocidade básica do vento V_0 [m/s] chamadas isopletas. Especificamente a título de exemplo, no caso em São Carlos é $V_0 = 45$ [m/s].

Uma comparação direta por alguém que conhece a equação $q = \frac{V_0^2}{16}$ [Kgf/m²] mostra que um vento médio,

$V_0 = 3,36$ [m/s], gerando uma pressão $q = \frac{3,36^2}{16} = \frac{11,2896}{16} = [0,7056 \text{ Kgf/m}^2]$ um vento extremo poderia atingir, $V_0 = 45$ [m/s], gerando uma pressão $q = \frac{45^2}{16} = \frac{2025}{16} = 126,5625$ [Kgf/m²].

Essa comparação simples, embora aproximada por não considerar os fatores da norma, não reduz a discrepância de valores que são as causas de inúmeros acidentes determinados pelo vento.

As informações acessíveis nos livros didáticos, associadas a recursos tecnológicos gratuitos e abordagens transdisciplinares, poderiam contribuir para a criticidade individual e comunitária acerca dos efeitos nocivos do vento. Um discente que aprende se torna um multiplicador do conhecimento, questionando, fiscalizando ou até mesmo instruindo os que pretendem construir uma estrutura sem a devida modelagem ou dimensionamento, para que acidentes e danos estruturais como nas Figuras 39 e 40 não ocorram.

Figura 39 — Trabalhadores ficam pendurados após cabo de aço arrebentar durante temporal, Goiânia – GO



Fonte: Reprodução/Redes sociais. Disponível em:

<https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2023/02/10/trabalhadores-ficam-pendurados-apos-andaime-ser-arrastado-por-vento-durante-temporal-em-goiania-video.ghtml>. Acesso em: 08/11/2024.

Figura 40 — Destelhamento durante tempestade em Ribeirão das Neves – MG

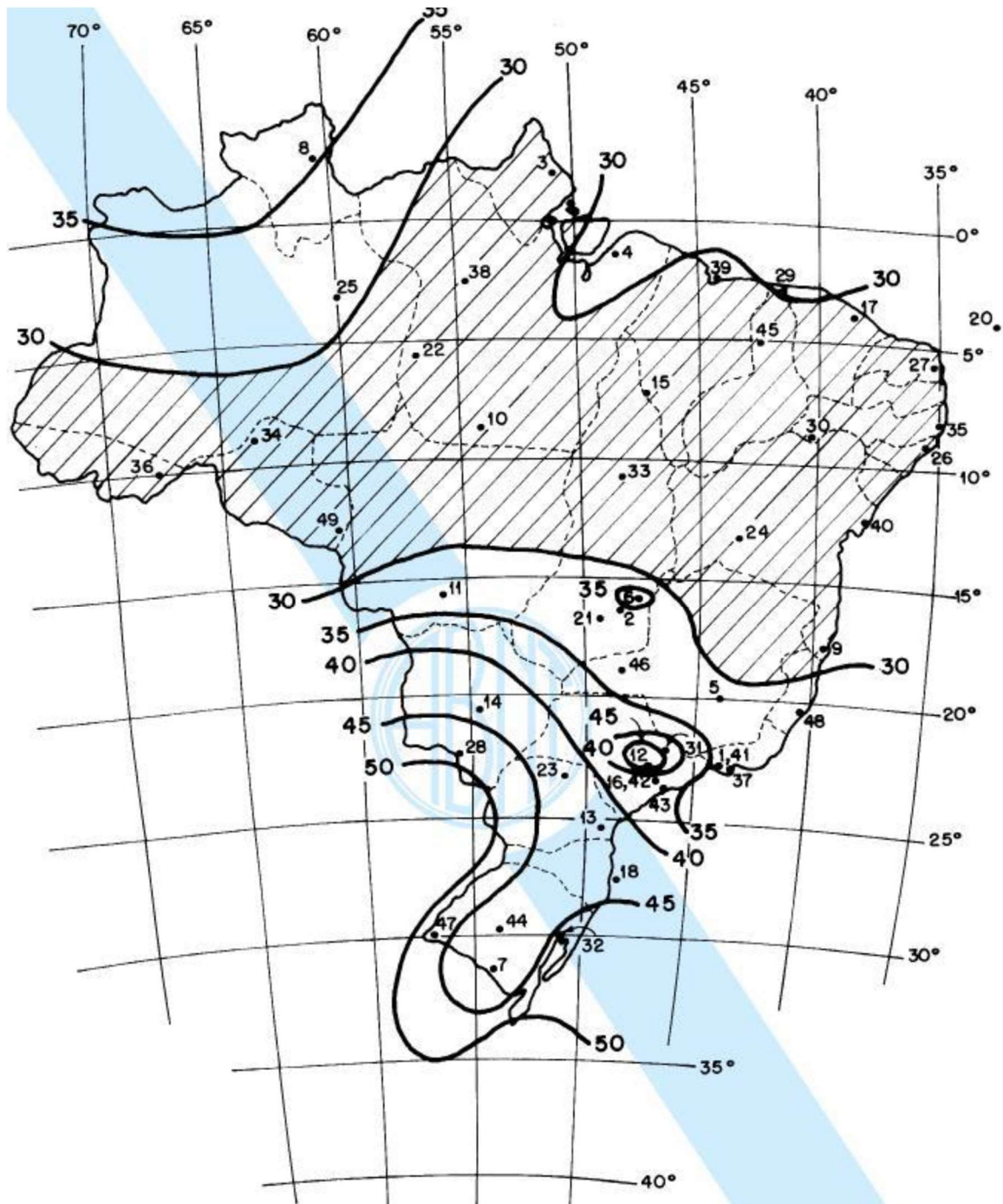


Fonte: Bom dia Minas Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/11948841/>. Acesso em: 17/10/2024.

3.6 Determinação da velocidade característica

A NBR 6123:2023 traz a velocidade característica $V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$ em função dos respectivos fatores S_1, S_2 e S_3 diretamente proporcional ao valor de V_0 , obtido de forma imediata no gráfico das isopletas, representada na Figura 41.

Figura 41 — Mapa de isopletas NBR 6123:2023



Fonte: NBR 6123:2023.

3.6.1 O fator S_1

O fator topográfico S_1 , considera as variações do relevo do terreno em três situações, sendo determinado do seguinte modo:

a) terreno plano ou fracamente acidentado:

$$S_1 = 1,0$$

b) taludes e morros:

O procedimento descrito na Figura 42, é aplicável a taludes e morros alongados nos quais pode ser admitido um escoamento de ar bidimensional soprando no sentido indicado na Figura 43,

Figura 42 — Procedimento de cálculo do fator S_1 para taludes e morros

No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):

$$S_1 = 1,0$$

No ponto B (S_1 é uma função $S_1(z)$; interpolar linearmente para $3^\circ < \theta_t < 6^\circ$ e $17^\circ < \theta_t < 45^\circ$):

$\theta_t \leq 3^\circ$	$S_1 = 1,0$
$6^\circ \leq \theta_t \leq 17^\circ$	$S_1(z) = 1,0 + (2,5 - z/d_t) \text{tg}(\theta_t - 3^\circ) \geq 1$
$\theta_t \geq 45^\circ$	$S_1(z) = 1,0 + (2,5 - z/d_t) 0,31 \geq 1$

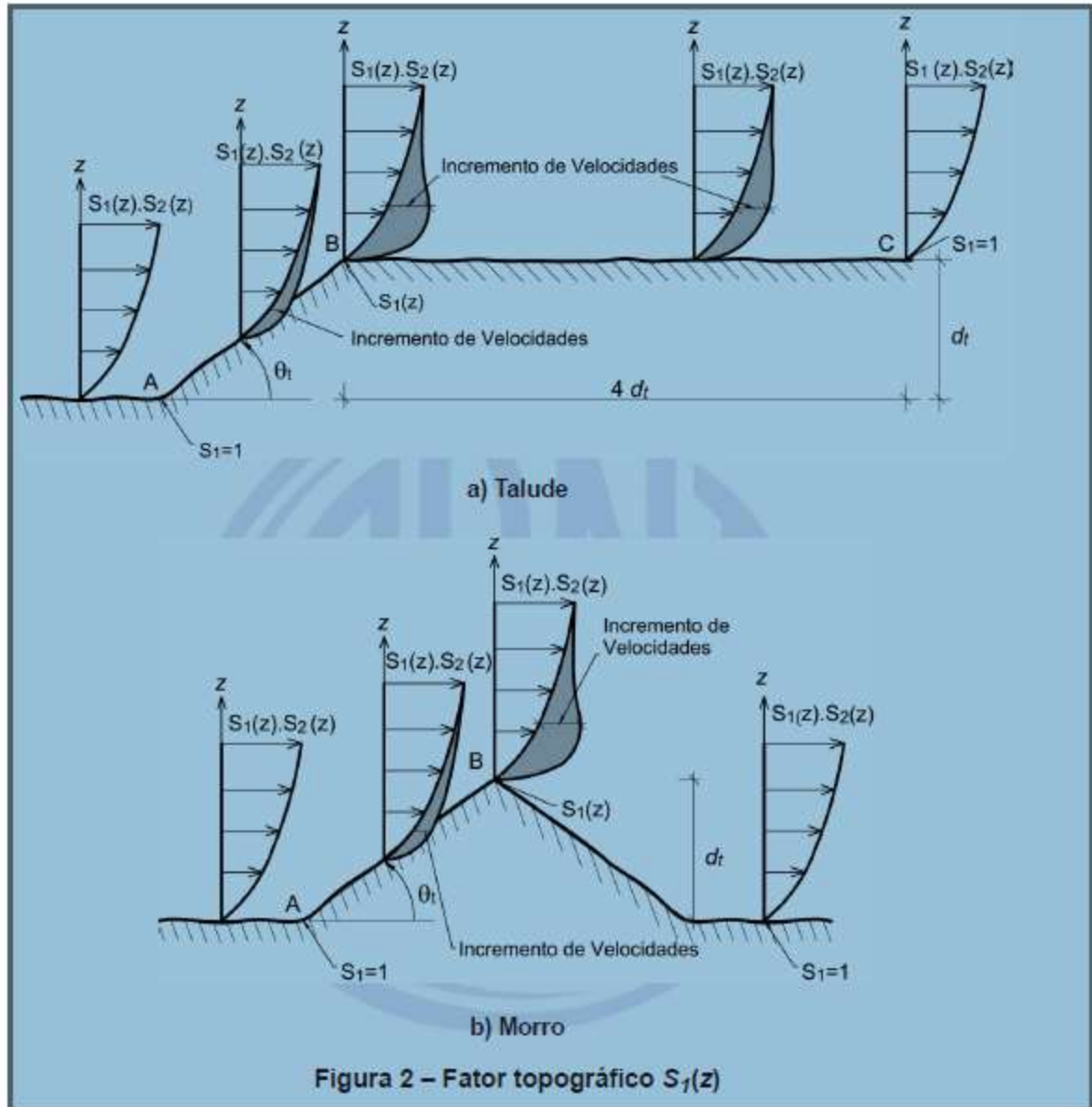
onde

- z é a altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado;
- d_t é a diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro;
- θ_t é a inclinação média do talude ou encosta do morro.

Entre A e B e entre B e C o fator S_1 é obtido por interpolação linear.

Fonte: NBR 6123:2023.

Figura 43 — Sentido em um escoamento de ar bidimensional (Figura 2 - NBR 6123:2023).



Fonte: NBR 6123:2023.

c) No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):

$$S_1 = 1,0$$

Casos excepcionais de projeto contidos entre os pontos A e B, normalmente requer um cuidado maior e se necessário, são ensaiados em túnel de vento para resultados fidedignos.

3.6.2 Rugosidade do terreno, dimensões da edificação, estrutura ou componente e altura sobre o terreno: Fator S_2

A NBR 6123, considera o fator S_2 como o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação, estrutura, parte da estrutura ou componente em consideração. Reforçando que,

Em ventos fortes em estabilidade neutra, a velocidade do vento aumenta com a altura acima do terreno. Este aumento depende da rugosidade do terreno e do intervalo de tempo considerado na determinação da velocidade. Este intervalo de tempo está relacionado com as dimensões da edificação, estrutura ou componente, pois edificações e estruturas pequenas e também elementos estruturais e componentes são mais afetados por rajadas de curta duração do que grandes edificações e estruturas. Para estas últimas é mais adequado considerar um intervalo de tempo maior no cálculo da velocidade do vento. (NBR 6123, 2023)

3.6.2.1 Rugosidade do terreno

Para determinar o fator S_2 a rugosidade do terreno é classificada em cinco categorias (I a V) conforme a Tabela 5,

Tabela 5 — Rugosidade do terreno (Adaptação do Autor)

Categoria	Tipo de superfície do terreno
I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente; EXEMPLOS: mar calmo, lagos, rios e pântanos sem vegetação.
II	Terrenos abertos, em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas; EXEMPLOS: zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias, charnecas e fazendas sem sebes ou muros. Obs.: A cota média do topo dos obstáculos é inferior ou igual a 1,0 m.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas; EXEMPLOS: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos,

	<p>fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.</p> <p>Obs.: A cota média do topo dos obstáculos é considerada 3,0 m.</p>
IV	<p>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada;</p> <p>EXEMPLOS: zonas de parques e bosques com muitas árvores, cidades pequenas e seus arredores, subúrbios densamente construídos de grandes cidades, áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.</p> <p>Obs₁: A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m.</p> <p>Obs₂: Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não podem ser considerados na Categoria V.</p>
V	<p>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e poucos espaçados.</p> <p>EXEMPLOS: florestas com árvores altas de copas isoladas, centros de grandes cidades, complexos industriais bem desenvolvidos.</p> <p>Obs.: A cota média do topo dos obstáculos é igual ou superior a 25 m.</p>

Fonte: ABNT 6123:2023.

3.6.2.2 Dimensões da edificação, estrutura ou componente

Para a determinação das forças estáticas devidas ao vento, a (NBR 6123:2023) define 3 classes (A, B e C) de edificações ou estruturas, partes de estruturas e seus elementos ou componentes, sendo 3 s, 5 s e 10 s os intervalos de tempo para cálculo da velocidade média. As classes estão descritas na Tabela 6,

Tabela 6 — Dimensões da estrutura para cálculo de S_2 (Adaptação do Autor)

Classe	Dimensões da edificação, estrutura ou componente
A	Toda edificação, estrutura, parte de edificação ou de estrutura, unidades e sistemas de vedação e seus elementos de fixação, cuja maior dimensão vertical ou horizontal não exceda 20 m.
B	Toda edificação, estrutura, ou parte de edificação e estrutura, cuja maior

	dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal seja maior do que 20 m e menor ou igual a 50 m.
C	Toda edificação, estrutura ou parte de edificação e estrutura, cuja maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m Obs.: para dimensões superiores a 80 m (Anexo específico).

Fonte: ABNT 6123:2023.

3.6.2.3 Altura sobre o terreno

O fator S_2 usado no cálculo da velocidade do vento em uma altura z acima do nível geral do terreno é calculado pela seguinte equação $S_2 = b_m Fr \left(\frac{z}{10}\right)^p$, onde, Fr é o fator de rajada, b_m é um parâmetro meteorológico e p é função da rugosidade do terreno e do intervalo de tempo. Os fatores meteorológicos e fator de rajada seguem as Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 — Fatores meteorológicos para cálculo de S_2

Categoria	z_g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b_m	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b_m	1,00	1,00	1,00
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b_m	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b_m	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b_m	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: ABNT 6123:2023 (Tabela 1, p. 15)

Tabela 8 — Fator de rajada para cálculo de S_2

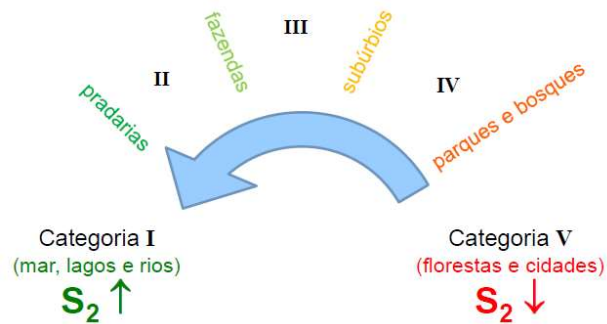
F_r	Classes		
	A	B	C
	1,00	0,98	0,95

Fonte: ABNT 6123:2023 (Tabela 2, p. 15)

A Figura 44 fornece as relações de S_2 por categoria,

Figura 44 — Relação de valores de S_2 por categoria

05 categorias da **RUGOSIDADE** do terreno:



Fonte: Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/metallica/estruturas_metalicas_2013_3.pdf.

Os valores de S_2 dependentes das categorias, classes e o valor de z , são listados na Tabela 9,

Tabela 9 — Fator S_2

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,25	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,26	1,27	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,30	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,31	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,33	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300				1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350							1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400										1,34	1,32	1,31	1,29	1,29	1,29
420										1,35	1,33	1,32	1,30	1,30	1,30
450													1,31	1,32	1,31
500													1,33	1,34	1,34

Fonte: ABNT 6123:2023 (tabela 3, p. 16)

3.6.3 Fator estatístico S_3

O fator estatístico S_3 segundo a NBR 6123:2023, é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. A velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos. Neste período, a probabilidade de que a velocidade V_0 seja igualada ou excedida é de 63%. Os valores do fator S_3 são indicados na Tabela 10.

Tabela 10 — Fator S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc. • creches com capacidade maior do que 150 pessoas; • escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator (0,92 x S_3), em vez de S_3			

Fonte: ABNT 6123:2023 (tabela 4, p. 17)

3.6.4 Pressão dinâmica

A pressão dinâmica segundo a NBR 6123:2023 é determinada do seguinte modo:

a) a velocidade básica do vento, V_0 , adequada ao local de implantação da edificação, é obtida de acordo com Figura 39 (mapa de isopleias);

- b) a velocidade básica do vento é multiplicada pelos fatores S_1 S_2 e S_3 para ser obtida a velocidade característica do vento, $V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$ [m/s]
- c) a velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela expressão

$$q = \frac{\rho}{2} V_k^2$$

e para ρ (a massa específica do ar de referência), igual a 1,226 [kg/m³] temos, a equação (6),

$$q = 0,613 V_k^2 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (6)$$

Note que a expressão (6) da norma $q = 0,613 V_k^2$ [N/m²] é equivalente a expressão (5) da equação de Bernoulli onde utilizamos a expressão que considero mais simples por estar em [Kgf/m²] e ser uma unidade intuitiva.

$$q = \frac{V_k^2}{16} \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$$

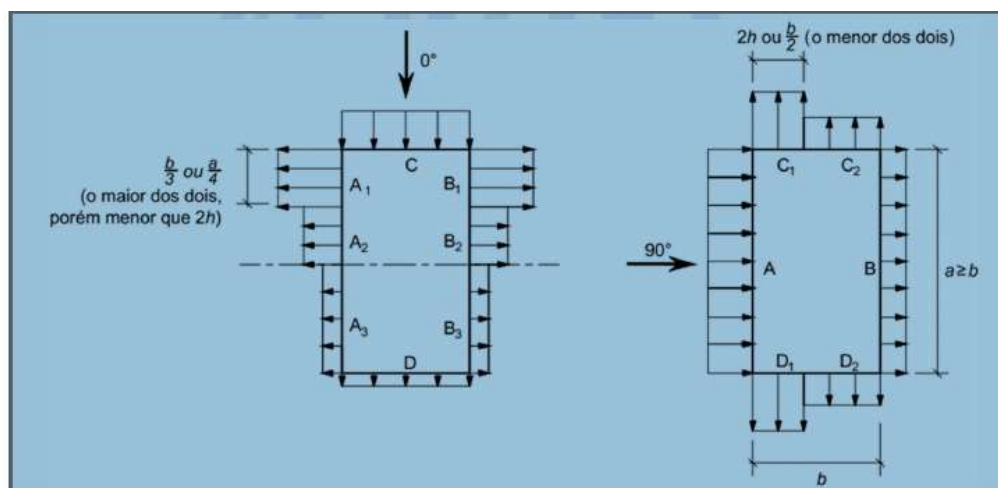
3.6.5 Coeficientes aerodinâmicos para edificações

Explorando A NBR 6123:2023, o discente entende que há coeficientes de forma, atrito e arrasto ao calcular a força do vento em dimensionamentos estruturais ou simulações.

As zonas que apresentam altas sucções ocorrem junto às arestas de paredes e de telhados e têm sua localização dependendo do ângulo de incidência do vento. As sucções elevadas ocorrem em zonas distintas conforme valores médios de coeficientes de pressão externa (cpe médio).

Estes coeficientes devem ser usados para o cálculo das forças do vento nas respectivas zonas, aplicando-se ao dimensionamento, verificação e ancoragem de componentes de vedação e seus elementos de apoio em caso de projetos específicos.

Conforme notado na Figura 45, a ação do vento varia conforme a posição de ataque (0°, 90° ou oblíquo) nas faces laterais de altura variável h bem como nos telhados de uma ou duas águas.

Figura 45 — Ventos a 0° e 90° em estrutura prismática de projeção retangular

Fonte: ABNT 6123:2023 (Tabela 6, p. 20)

Esse entendimento dos coeficientes é interessante para o discente compreender a força do vento e as pressões envolvidas utilizando dois softwares gratuitos o VISUAL VENTOS¹³ e o FLUXO VENTO¹⁴. É possível simular as dimensões em planta de uma construção padrão duas águas bem como, pé direito e inclinação do telhado, conforme (Anexo A).

3.6.6 Considerações excepcionais

Há certas situações especiais em que é necessário considerar a influência de edificações situadas nas vizinhanças daquela em estudo.

Os coeficientes aerodinâmicos variam muito com as condições de vizinhança. Um obstáculo natural ou artificial existente nas proximidades de uma edificação ou elemento estrutural pode afetar consideravelmente o campo aerodinâmico e, conseqüentemente, os esforços exercidos pelo vento. Algumas vezes esta alteração é benéfica, outras vezes não, (Blessmann, 1989, p. 24)

A NBR 6123:2023 reitera que edificações podem causar aumento das forças do vento de três modos diferentes:

¹³ Programa da Universidade de Passo Fundo; Disponível em: <http://www.ertools.upf.br/>.

¹⁴ Programa para Análise de Ventilação em Ambientes Construídos da PUC-RJ; Disponível em: <https://www.tegraf.puc-rio.br/ertools/fluxovento/>.

I. Causar um afunilamento do vento, acelerando o escoamento de ar, conhecido como efeito Venturi, comum entre torres residenciais próximas sob condições específicas de rugosidade, conforme observado na Figura 46.

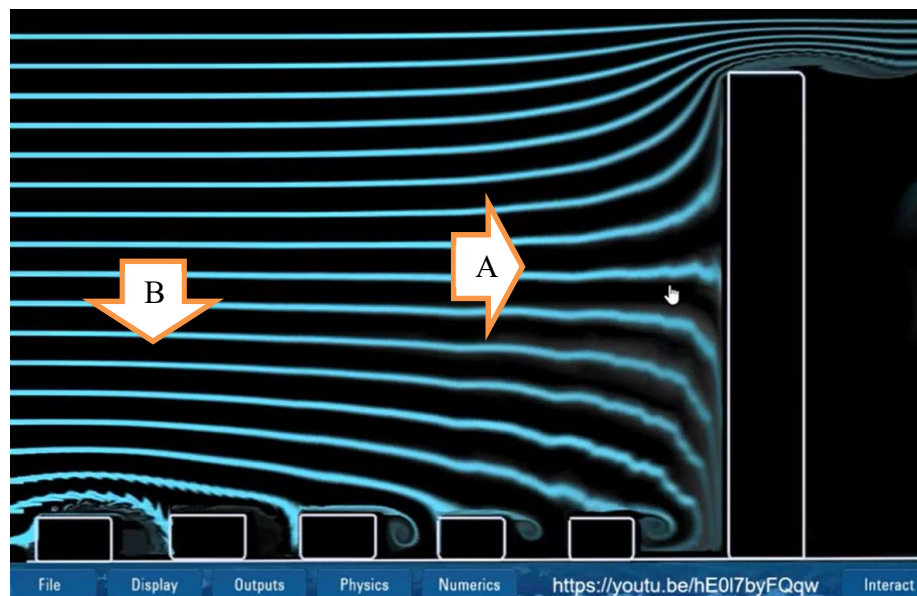
Figura 46 — Afunilamento do vento entre duas torres residenciais, Goiânia, GO



Fonte: Foto Diego Ayala (Acervo do autor).

II. Edificações altas defletem para baixo parte do vento que incide em sua fachada de barlavento, acarretando um aumentando da velocidade em zonas próximas ao solo, já em edificações mais baixas, situadas nestas zonas, podem ter as cargas do vento aumentadas por esse efeito conhecido por deflexão do vento na direção vertical, conforme observado na Figura 47.

Figura 47 — Deflexão do vento na direção vertical (A) e turbulência da esteira (B)






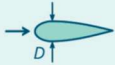


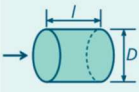
Fonte: <https://youtu.be/JxI2XJQYsDw>

III. Uma edificação situada a sotavento de outra pode ser afetada sensivelmente pela turbulência gerada na esteira da edificação de barlavento, podendo causar efeitos dinâmicos (efeitos de golpe) consideráveis e alterações nas pressões. Estas são particularmente importantes em edificações com coberturas e painéis de vedação feitos de materiais leves, também visualizado na Figura 47, temos uma representação do vento gerado pela turbulência da esteira.

3.6.7 Coeficiente de Arrasto

O coeficiente de arrasto é determinado por numerosos experimentos simulados em laboratório, túneis de vento, túneis de água ou outros dispositivos, e seus resultados estão apresentados na Tabela 11, Vilanova (2011).

Tabela 11 — Coeficientes de arrasto

Forma	Área de referência A (b = comprimento)	Coeficiente de arrasto $C_D = \frac{Q}{\frac{1}{2} \rho U^2 A}$														
 Barra quadrada com cantos arredondados	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>R/D</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>0,02</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>0,17</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>0,33</td> <td>1,0</td> </tr> </table>	R/D	C_D	0	2,2	0,02	2,0	0,17	1,2	0,33	1,0				
R/D	C_D															
0	2,2															
0,02	2,0															
0,17	1,2															
0,33	1,0															
 Casca semicircular	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>Flow Direction</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>→</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>←</td> <td>1,1</td> </tr> </table>	Flow Direction	C_D	→	2,3	←	1,1								
Flow Direction	C_D															
→	2,3															
←	1,1															
 Retângulo	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>l/D</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>≤ 0,1</td> <td>1,9</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>0,65</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>3,0</td> <td>1,3</td> </tr> </table>	l/D	C_D	≤ 0,1	1,9	0,5	2,5	0,65	2,9	1,0	2,2	2,0	1,6	3,0	1,3
l/D	C_D															
≤ 0,1	1,9															
0,5	2,5															
0,65	2,9															
1,0	2,2															
2,0	1,6															
3,0	1,3															
 Carenagem aerodinâmica	$A = bD$	0,12														
 Cubo	$A = D^2$	1,05														
 Hemisfério oco	$A = \frac{\pi}{4} D^2$	<table border="1"> <tr> <th>Flow Direction</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>→</td> <td>1,42</td> </tr> <tr> <td>←</td> <td>0,38</td> </tr> </table>	Flow Direction	C_D	→	1,42	←	0,38								
Flow Direction	C_D															
→	1,42															
←	0,38															
 Barra circular paralela ao escoamento	$A = \frac{\pi}{4} D^2$	<table border="1"> <tr> <th>l/D</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>0,93</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>0,83</td> </tr> <tr> <td>4,0</td> <td>0,85</td> </tr> </table>	l/D	C_D	0,5	1,1	1,0	0,93	2,0	0,83	4,0	0,85				
l/D	C_D															
0,5	1,1															
1,0	0,93															
2,0	0,83															
4,0	0,85															

Forma	Área de referência A (b = comprimento)	Coefficiente de arrasto $C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$												
 Páraquedas	Área frontal $A = \frac{\pi}{4} D^2$	1,4												
 Prato poroso parabólico	Área frontal $A = \frac{\pi}{4} D^2$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Porosidade</th> <th>0</th> <th>0,2</th> <th>0,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>→</td> <td>1,42</td> <td>1,20</td> <td>0,82</td> </tr> <tr> <td>←</td> <td>0,93</td> <td>0,90</td> <td>0,80</td> </tr> </tbody> </table> Porosidade = área aberta/área total	Porosidade	0	0,2	0,5	→	1,42	1,20	0,82	←	0,93	0,90	0,80
Porosidade	0	0,2	0,5											
→	1,42	1,20	0,82											
←	0,93	0,90	0,80											
 Pessoa mediana	Em pé Sentada Joelhos junto ao peito	$C_D A = 0,836m^2$ $C_D A = 0,557m^2$ $C_D A = 0,232m^2$												
Bicicletas														
 Para uso urbano	$A = 0,51m^2$	1,1												
 De corrida	$A = 0,36m^2$	0,88												
 De perseguição	$A = 0,36m^2$	0,50												
 Aerodinâmica	$A = 0,46m^2$	0,12												
Carreta tracionada por caminhão														
 Padrão	Área frontal	0,96												
 Carenagem	Área frontal	0,76												
 Espaçamento vedado	Área frontal	0,70												
Árvore														
 $U = 10m/s$ $U = 20m/s$ $U = 30m/s$	Área frontal	0,43 0,26 0,20												

Fonte: Vilanova (2011)

A NBR 6123:2023 ressalta que as forças devidas ao vento sobre uma edificação, estrutura ou componente (concluído ou em construção) devem ser calculadas separadamente para:

- elementos de vedação e suas fixações (telhas, vidros, esquadrias, painéis de vedação, etc.);
- partes da edificação (telhados, paredes, etc.);
- a edificação como um todo.

A força devida ao vento pode ser genericamente calculada conforme a seguinte equação (7),

$$\mathbf{F} = \mathbf{q} \mathbf{C} \mathbf{A} \mathbf{f}_v \quad (7)$$

Onde:

- q é a pressão dinâmica, $q = 0,613 V_k^2$ [N/m²] ou $q = \frac{V_k^2}{16}$ [Kgf/m²];
- C é um coeficiente aerodinâmico de força ou de pressão, especificado em cada caso;
(Sugestão: Utilizar nos exemplos didáticos $C = C_D$ para coeficiente de arrasto);
- A é uma área de referência [m²];
- f_v é o fator de vizinhança;
(Sugestão: Não utilizar nos exemplos didáticos), use $f_v = 1$ tal que $\mathbf{F} = \mathbf{q} \mathbf{C}_D \mathbf{A}$.

4. APLICAÇÕES STEAM UTILIZANDO A NBR 6123:2023

A presente dissertação tem como objetivo incentivar a modelagem através da equação de Bernoulli, em conjunto com o uso da NBR 6123:2023 e futuras atualizações.

Para compreender a pressão dinâmica do vento, é indispensável que o discente o reconheça no cotidiano. Acredito que seja a abordagem mais adequada para a elaboração do estudo do vento na Educação Básica, dada a variedade de aplicações de interesses coletivos, que envolvem segurança e clareza científica em relação às percepções sensoriais, que, às vezes, nos enganam.

Associar a função quadrática à velocidade característica do vento requer explorar o fenômeno fundamentado nos preceitos da Base Nacional Curricular Comum BNCC (Anexo B), permite mostrar numericamente o quanto somos vulneráveis aos fenômenos naturais cíclicos, que nos rodeará até o fim de nossa existência material.

Ao modelar, norteado pela metodologia STEAM, é imprescindível que utilize a NBR 6123:2023, as plataformas interativas Windy, GeoGebra e PhET Interactive Simulations, bem como os programas Visual Ventos, Fluxo Vento e outros, pela procedência, gratuidade e interface intuitivas.

Sugiro a princípio explorar três situações que envolvem a pressão dinâmica do vento e acidentes, que podem ser utilizadas como exemplos úteis ao iniciar o estudo de funções, ou até mesmo nortear um estudo consideravelmente mais elaborado.

Acidentes registrados em cidades brasileiras e suas causas noticiadas na mídia:

- I. Outdoors atingidos pela ação do vento – tombamento.
- II. Idosos atingidos por rajadas de vento – queda da própria altura.
- III. Veículos atingidos por vento – tombamento e arrasto.

Pensados segundo a NBR 6123:2023 ou Equação de Bernoulli, segundo os enfoques:

- a) Isoplefas e velocidade básica do vento.
- b) Coeficientes e velocidade característica.
- c) Pressão dinâmica por unidade de área.

I. Outdoor tomba sob ação do vento

As situações descritas nas Figuras 48 e 49, são comuns em tempos de precipitação e ventos fortes em qualquer local do globo, portanto, não seria diferente no Brasil,

Figura 48 — Outdoor cai na Índia durante tempestade e deixa 14 mortos e ao menos 74 feridos



Fonte: O globo Disponível em: <https://www.oglobo.globo.com/mundo/noticia/2024/05/14/sobe-para-14-o-numero-de-mortos-em-queda-de-outdoor-ilegal-na-india-mais-de-70-feridos-foram-feridos>.

Figura 49 — Acidente com outdoor, Goiânia - GO



Fonte: JA Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/12135382/>

consequentemente, a pergunta é levada à sala de aula pelos discentes, com potencial de ser explorado com uma modelagem simples ou uma proposta transdisciplinar, conforme proposto na atividade 1.

II. Pessoas caem sob ação do vento

A notícia retratada na Figura 50 é menos comum, mas preocupante.

Figura 50 — Idoso é derrubado por ventania, rajadas chegaram a 70 [km/h]



Fonte: RICTV Disponível em: <https://youtu.be/Jo17MQ1yMpl>

Dados do Censo 2022 mostram que, do total de, 203 milhões de habitantes registrados, mais de 15% desse total corresponde à parcela de idosos, ou cerca de 32 milhões de pessoas, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Porém, a população envelhece a uma taxa alarmante, com previsões de dobrar esses índices nas próximas décadas, conforme observa,

O número de idosos de 60 anos e mais de idade, no Brasil, era de somente 741 mil pessoas em 1900 e passou para 2,2 milhões em 1950. No ano 2000 chegou a 14,4 milhões de pessoas. A estimativa para 2023 é de 32 milhões e este número vai mais que dobrar até 2050, quando atingirá 66 milhões de pessoas com 60 anos e mais de idade. O pico da população idosa está estimado em 79 milhões de pessoas em 2075. (Alves, 2022)

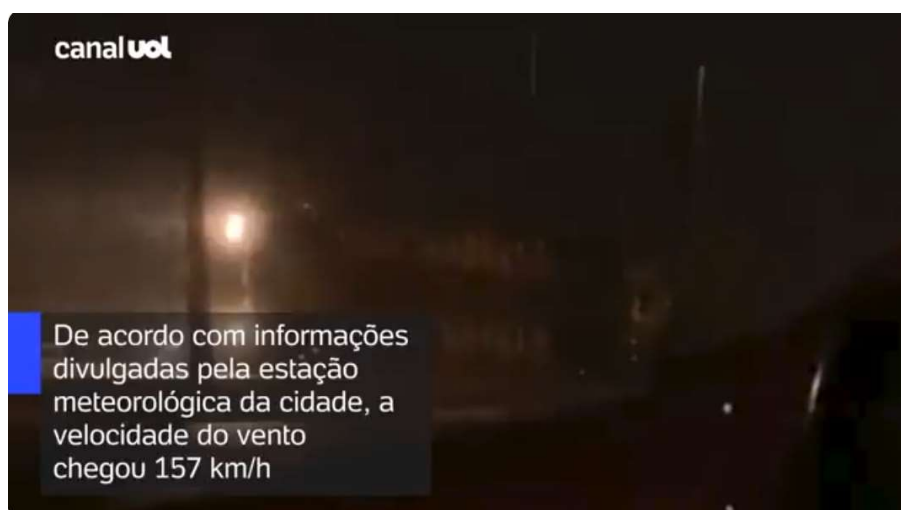
A fragilidade dos idosos durante precipitações e ventos fortes é relevante e pode servir de proposta transdisciplinar, conforme proposto na atividade 2.

III. Carretas tombam sob ação lateral do vento

Uma cena flagrada por um motorista de caminhão, Figura 51, retratou um fenômeno pouco difundido nos cursos de formação de condutores quando o assunto é rodovia, logo, desconhecido por muitos condutores de veículos de passeios e utilitários.

Os ventos podem ser canalizados pela rugosidade do terreno em um fluxo com velocidades básicas elevadas. Quando o vento lateral é forte, além da força exercida pelo vento distribuída na superfície lateral do caminhão, temos que levar em consideração o fluxo de ar que passa pelo vão entre o caminhão e o solo e pela sua parte superior do veículo, alterando as pressões nesses pontos, como uma sustentação aerodinâmica, similar a aplicada as asas de um avião.

Figura 51 — Carreta estacionada tomba sob ação do vento, a velocidade chegou a 157 [km/h]



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=EPpqUbdNfZY>.

É claro que cada veículo específico é um caso diferente, pois caminhões vazios são suscetíveis de serem virados, devido à distribuição de massa e estrutura do baú, que faz com que o centro de massa esteja mais alto e seu peso menor. Fatores como o tempo de exposição a rajada do vento, o ângulo exato de incidência, as dimensões do caminhão, se o veículo está em repouso ou movimento, e caso esteja em trânsito, a habilidade do motorista em perceber a situação e realizar manobras também são fatores preponderantes que implicam no resultado final.

4.1 Atividades propostas

Os acontecimentos abordados anteriormente, nortearão as atividades a seguir, embasadas na tabela 12 em Anexo, BNCC Comentada para o Ensino Médio - Instituto Reúna (2020), (Anexo B).

As Competências específicas da BNCC, são consoantes a proposta de utilizar a modelagem e a determinação da pressão dinâmica do vento na perspectiva STEAM, por meio do estudo da função quadrática.

4.1.1 Acidente com Outdoor

ATIVIDADE 01

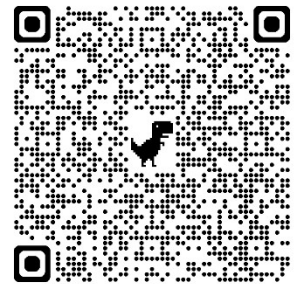
Considere a notícia veiculada por O Globo e as mídias de acesso para coleta de informações úteis a interpretação da atividade.

Mundo

Sobe para 14 o número de mortos em queda de outdoor ilegal na Índia; mais de 70 pessoas ficaram feridas

Placa, colocada de forma irregular, deixou dezenas de pessoas presas em área próxima a um posto de gasolina

Por O Globo com agências internacionais — Mumbai
14/05/2024 06h39 - Atualizado há 8 meses



Acesse a reportagem na íntegra utilizando o QR CODE ao lado.
O globo: queda de outdoor na Índia.

Formulário:

Força exercida pelo vento: $F = q C A f_v$

- q é a pressão dinâmica, $q = 0,613 V_k^2$ [N/m²] ou $q = \frac{V_k^2}{16}$ [Kgf/m²];
- C é um coeficiente aerodinâmico de força ou de pressão, especificado em cada caso;
(Sugestão: Utilizar nos exemplos didáticos $C = C_D$ para coeficiente de arrasto);
- A é uma área de referência [m²];
- f_v é o fator de vizinhança;
(Sugestão: Não utilizar nos exemplos didáticos), $f_v = 1$ tal que $F = q C_D A$.

Figura 52: Escala Beaufort

	Força	Designação	Velocidade	Influência em terra
	2	brisa leve	1,8 - 3,3 m/s 7 - 12 km/h 4 - 6 nós	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpadora começa a funcionar.
	3	brisa fraca	3,4 - 5,2 m/s 13 - 18 km/h 7 - 10 nós	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
	4	brisa moderada	5,3 - 7,4 m/s 19 - 26 km/h 11 - 16 nós	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
	5	brisa forte	7,5 - 9,8 m/s 27 - 35 km/h 17 - 21 nós	Movem-se as pequenas árvores. A água começa a ondular.
	6	vento fresco	9,9 - 12,4 m/s 36 - 44 km/h 22 - 27 nós	Assobios na faixa aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
	7	vento forte	12,5 - 15,2 m/s 45 - 54 km/h 28 - 33 nós	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
	8	ventania	15,3 - 18,2 m/s 55 - 65 km/h 34 - 40 nós	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
	9	ventania forte	18,3 - 21,5 m/s 66 - 77 km/h 41 - 47 nós	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
	10	tempestade	21,6 - 25,1 m/s 78 - 90 km/h 48 - 55 nós	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.

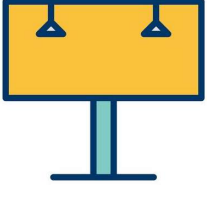
Vento fraco

Vento fraco
Vento moderado
Vento forte



Fonte: Somar meteorologia Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/588564245029360296/>

- a) A reportagem não divulgou a velocidade básica do vento V_0 , utilize a escala Beaufort Relacionando a queda do outdoor em Mumbai, na Índia, para extrair os seguintes dados:

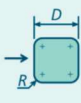


	Força	Designação	Velocidade V_k [m/s]	Influência em terra

- b) Calcule a pressão dinâmica q em $[\text{Kgf/m}^2]$.

$$q = \frac{V_k^2}{16}$$

- c) Qual é a área do outdoor se o mesmo era um quadrado de lado 25 m?
- d) Qual a força exercida pelo vento ao atingir o outdoor, sabendo que $F = q C_D A$ e o coeficiente de arrasto C_D será dado por:

Tabela 12 — Coeficiente de arrasto

Forma	Área de referência A (b = comprimento)	Coeficiente de arrasto $C_D = \frac{q}{\frac{1}{2} \rho U^2 A}$														
 Barra quadrada com cantos arredondados	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>R/D</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>0,02</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>0,17</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>0,33</td> <td>1,0</td> </tr> </table>	R/D	C_D	0	2,2	0,02	2,0	0,17	1,2	0,33	1,0				
R/D	C_D															
0	2,2															
0,02	2,0															
0,17	1,2															
0,33	1,0															
 Casca semicircular	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>→</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>→</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <th>←</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>←</td> <td>1,1</td> </tr> </table>	→	C_D	→	2,3	←	C_D	←	1,1						
→	C_D															
→	2,3															
←	C_D															
←	1,1															
 Retângulo	$A = bD$	<table border="1"> <tr> <th>l/D</th> <th>C_D</th> </tr> <tr> <td>$\leq 0,1$</td> <td>1,9</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>0,65</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>3,0</td> <td>1,3</td> </tr> </table>	l/D	C_D	$\leq 0,1$	1,9	0,5	2,5	0,65	2,9	1,0	2,2	2,0	1,6	3,0	1,3
l/D	C_D															
$\leq 0,1$	1,9															
0,5	2,5															
0,65	2,9															
1,0	2,2															
2,0	1,6															
3,0	1,3															

Fonte: Vilanova (2011)

Solução: (Exemplo)

a) $V_k = 25,1$ [m/s]

b) $q = \frac{(25,1)^2}{16} = \frac{630,01}{16} \cong 39,37$ [Kgf/m²]

c) $A = bD = (25) \cdot (25) = 625$ [m²]

d) $C_D = 2,2$

$F = q C_D A = (39,37) \cdot (2,2) \cdot (625) \cong 54.133,75$ [kgf]

4.1.2 Pessoa derrubada pela força do vento

ATIVIDADE 02

Considere a notícia veiculada por G1-PR e as mídias de acesso para coleta de informações úteis a interpretação da atividade.

VÍDEO: Idoso derrubado pela força do vento disse ao filho que na hora não entendeu o que aconteceu

Caso aconteceu em União da Vitória (PR). Homem levou pontos na cabeça e teve ferimentos na mão, mas está bem, diz filho.

Por g1 PR e RPC Curitiba

31/10/2023 14h18 · Atualizado há um ano

Fonte: RICTV Disponível em: <https://youtu.be/Jo17MQ1yMpl>

Acesse a reportagem na íntegra utilizando o QR CODE ao lado.

G1: Idoso é derrubado por ventania, ventos chegaram a 70 km/h.



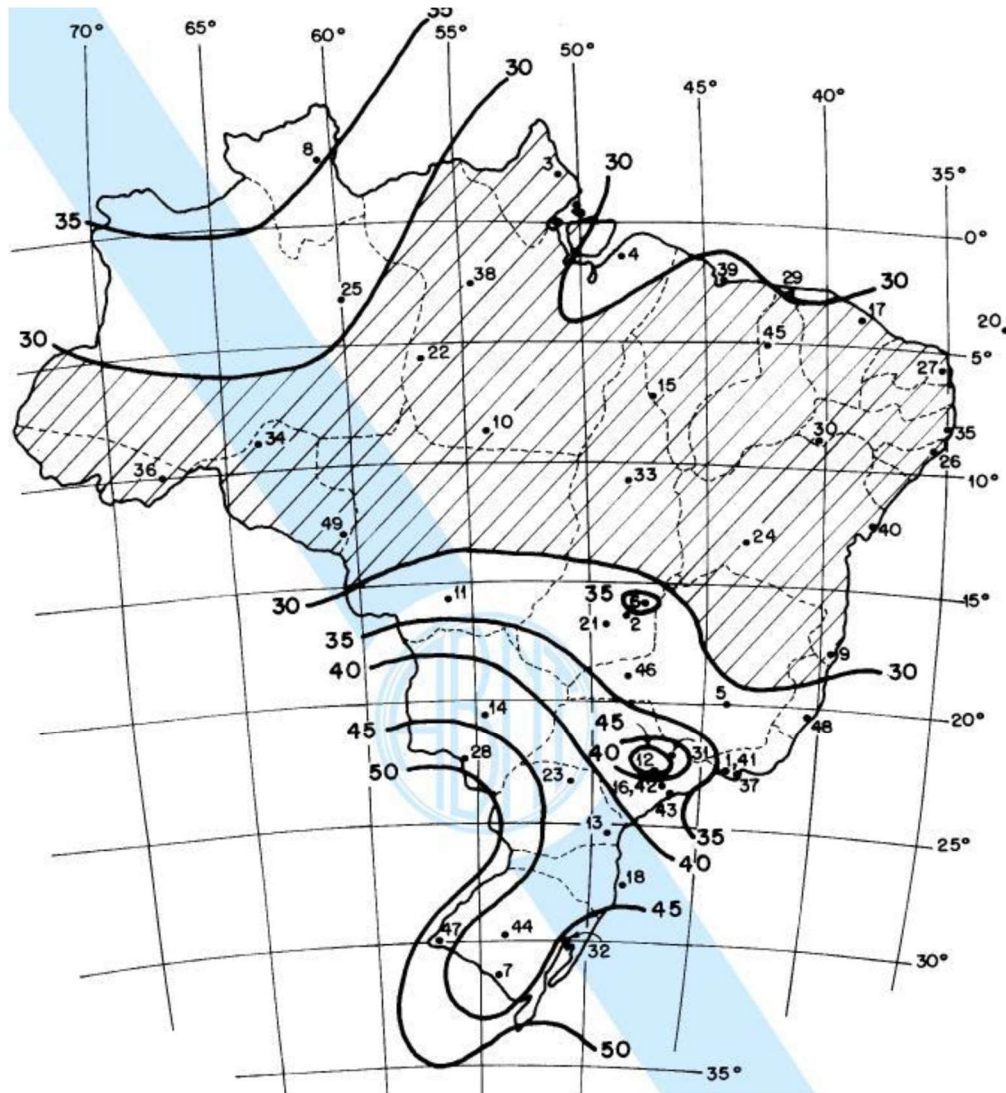
Formulário:

Força exercida pelo vento: $F = q C A f_v$

- q é a pressão dinâmica, $q = 0,613 V_k^2$ [N/m²] ou $q = \frac{V_k^2}{16}$ [Kgf/m²];
- C é um coeficiente aerodinâmico de força ou de pressão, especificado em cada caso; (Sugestão: Utilizar nos exemplos didáticos $C = C_D$ para coeficiente de arrasto);
- A é uma área de referência [m²];
- f_v é o fator de vizinhança; (Sugestão: Não utilizar nos exemplos didáticos), $f_v = 1$ tal que $F = q C_D A$.

- a) A reportagem divulgou a velocidade básica do vento $V_0 = 70$ [km/h], relacionando a queda de um senhor em União da Vitória, no Brasil. Calcule a velocidade V_0 [m/s].
- b) Localize aproximadamente a geolocalização da cidade e estime a velocidade máxima para a região segundo as isopletas da NBR 6123:2023 da Figura 53.

Figura 53 — Mapa de isopletas do Brasil, velocidade em [m/s]



Fonte: NBR 6123:2023.

- c) Qual foi a pressão dinâmica do vento q em [kgf/m²] que causou o acidente?
- d) Qual seria a pressão dinâmica do vento q em [kgf/m²] se o vento atingisse a máxima da NBR 6123:2023?

- e) Qual a força exercida pelo vento ao atingir o senhor, sabendo que $\mathbf{F} = q C_D \mathbf{A}$ e que para uma pessoa mediana, em pé $C_D \mathbf{A} = 0,836 \text{ m}^2$? Qual seria o valor da força se fossem considerados os fatores, $S_1 = 1$, $S_2 = 1,2$ e $S_3 = 0,9$ e $V_k \text{ máx}$?

Solução: (Exemplo)

a) $V_k = 70 \text{ [km/h]} = 70/3,6 \cong 19,44 \text{ [m/s]}$

b) União da Vitória – PR, isopleta $\rightarrow V_0 = 45 \text{ [m/s]}$

c) $q = \frac{(19,44)^2}{16} \cong \frac{377,9136}{16} \cong 23,62 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$

d) $q = \frac{(45)^2}{16} = \frac{2025}{16} \cong 126,56 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$

e) $F = q C_D A = (23,62) \cdot (0,836) \cong 19,75 \text{ [kgf]}$

Como $S_1 = 1$, $S_2 = 1,2$ e $S_3 = 0,9$

$V_k = 45 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 48,6 \text{ [m/s]}$

$q = \frac{(48,6)^2}{16} \cong \frac{2.361,96}{16} \cong 147,62 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$

$F = q C_D A = (147,62) \cdot (0,836) \cong 123,41 \text{ [kgf]}$

4.4.3 Veículos e coeficientes de arrasto

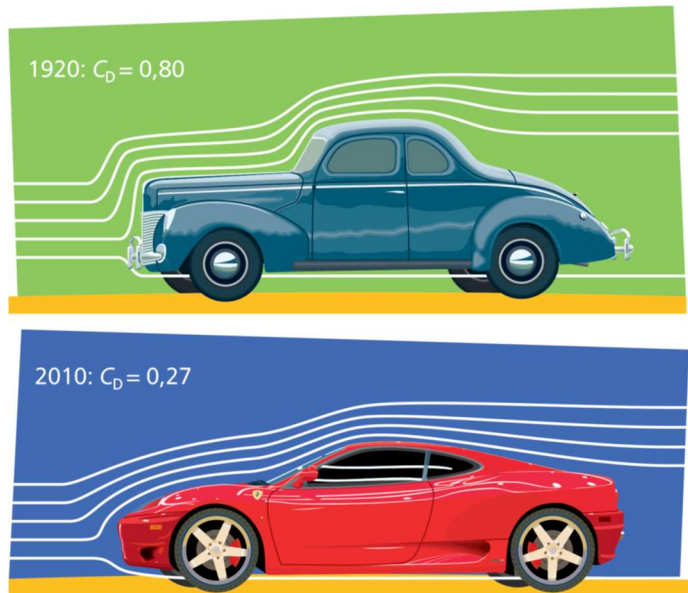
ATIVIDADE 03

Considere os dados comparativos da evolução aerodinâmica em 1 século.

Adaptado: VILANOVA, L. C. Mecânica dos fluidos. 3. ed., Santa Maria, RS: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria CTISM, Curso em Automação Industrial, 2011, 82 p.

“O arrasto aerodinâmico em um automóvel, Figura 54, é função do seu perfil aerodinâmico. Veículos mais aerodinâmicos produzem menores arrastos e, dessa forma, consomem menos combustível, pois é necessário menos energia para vencer o menor arrasto. Os projetos mais cuidadosos dos veículos atuais reduziram os coeficientes de arrasto dos antigos veículos de uma faixa de 0,8, para os veículos produzidos por volta de 1920, para uma média de 0,27, nos veículos produzidos recentemente em 2010. A partir dos 48 [km/h], o arrasto passa a ter uma influência considerável na potência de um veículo.”

Figura 54 — arrasto em automóveis nos anos de 1920 e 2010



Fonte: Fonte: CTISM Vilanova (2011) p. 71

Considerando que a potência gasta para vencer o arrasto é o produto da força de arrasto pela velocidade do veículo e o deslocamento dos veículos ocorre sob condições do ar padrão e de temperatura e pressão ao nível do mar, determine a potência necessária para superar o arrasto de dois veículos, 1920 e 2010, ambos de área frontal igual a 2,8 [m²] trafegando em uma estrada a 80 [km/h]?

Formulário:

Pressão dinâmica do vento: $F = q C A$ e a Potência, $P = FV$ [W]

- q é a pressão dinâmica, $q = 0,613 V_k^2$ [N/m²] ou $q = \frac{V_k^2}{16}$ [Kgf/m²];
- A é uma área de referência [m²];

Solução: (Exemplo)

$$V_k = 80 \text{ [km/h]} = 80/3,6 \cong 22,22 \text{ [m/s]}$$

$$q = \frac{(22,22)^2}{16} \cong \frac{493,7284}{16} \cong 30,86 \text{ [Kgf/m}^2\text{]}$$

a potência P [W] necessária para vencer o arrasto aerodinâmico será dada pelo produto do arrasto pela velocidade, assim:

$$P = \frac{1}{2} \rho V_K^2 A C_D V_K$$

$$\text{Logo em 1920: } P = \frac{1}{2} (1,23) \cdot (22,22)^2 \cdot (2,8) \cdot (0,8) \cdot (22,22)$$

$$P \cong 15.113 \text{ [W]}$$

$$\text{Logo em 1920: } P = \frac{1}{2} (1,23) \cdot (22,22)^2 \cdot (2,8) \cdot (0,27) \cdot (22,22)$$

$$P \cong 5.100 \text{ [W]}$$

Os veículos atuais precisam de aproximadamente 33% da potência dos carros antigos para vencer o seu arrasto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos esta pesquisa norteados por uma proposta exploratória sobre a perspectiva transdisciplinar do vento, buscando compreender, por meio da modelagem matemática, se a Equação de Bernoulli e a norma NBR 6123:00 atendem aos parâmetros educacionais internacionais que norteiam a Educação Básica no Brasil.

Relacionamos fatores históricos, cronologicamente interligados aos avanços científicos, que possibilitaram a compreensão de um fenômeno natural capaz de transcender a intuição de que é possível mensurar sua força potencial e destrutiva por meio de uma equação quadrática, determinando a pressão em função da velocidade básica do vento.

Notamos que, a mecânica dos fluidos e a equação de Bernoulli, modela a pressão dinâmica do vento com uma aproximação equivalente à expressão da NBR 6123:2023, e as aplicações derivam de uma fonte inesgotável de possibilidades se abordadas pelo STEAM, pois a integração mostrou-se efetiva e acessível com auxílio as tecnologias educacionais aos mais diversos campos, em especial a educação.

O estudo pode ser usado como um instrumento educativo em livros didáticos do ensino básico, promovendo um conhecimento capaz de transformar o indivíduo para atuar preventivamente como protagonista em situações de perigo associadas ao vento.

As atividades propostas para as aplicações STEAM podem ser facilmente adaptadas à multidisciplinaridade e à transdisciplinaridade, com potencial para auxiliar e inspirar outras pesquisas relacionadas.

Ponderamos entre as vastas abordagens, uma possibilidade de vincular a pesquisa, a um estudo estatístico, considerando os microclimas em centros urbanos e as isopleias da NBR 6123:2023, estudando as variações locais com dados compartilhados para estudos do efeito Venturi, ou seja, o aumento da velocidade dos ventos entre torres prediais.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 95 p.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada a geografia**. Campina Grande: EDUEPB, 2016. 317 p. Disponível em: <http://www.uepb.edu.br/ebooks/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ALVES, J. E. D. **Demografia e Economia nos 200 anos da Independência do Brasil e cenários para o século XXI** (com a colaboração de GALIZA, F), ENS, maio de 2022. Disponível em: https://prdapi.ens.edu.br/media/downloads/Livro_Demografia_e_Economia_digital_2.pdf

ANDRADE, N. F. A. **Análise e otimização estocásticas de concepções de estruturas de concreto armado utilizando modelos de seleção**. Recife, 2013. 257 f. Tese (doutorado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2013.

BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM: Integrando as áreas para desenvolver competências**. In: BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro (org.). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020.

BLACKLEY, S.; HOWELL, J. **A STEM Narrative: 15 Years in the Making**. The Australian Journal of Teacher Education, Australian, vol. 40, 2015. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n7.8>. Disponível em: <https://ro.ecu.edu.au/ajte/vol40/iss7/8/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BLESSMANN, J. **Acidentes causados pelo vento**, 4ª ed. Porto Alegre: rev. Ed. Universidade UFRGS, 2001, 145 p.

BLESSMANN, J. **Ação do vento em edifícios**. Série Engenharia Estrutural/7, 2ª ed. Porto Alegre: rev. Ed. Universidade/UFRGS, 1989, 81 p.

BLESSMANN, J. **Introdução ao estudo das ações dinâmicas do vento I**, 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2005, 291 p.

BORGES, E. BRAGA, J. P. O efeito de Coriolis: de pêndulos a moléculas. *Química Nova*, 2010. Universidade do Porto, 33(6), 1416–1420. DOI 10.1590/S0100-40422010000600036. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000600036>. Acesso em: 15 abr. 2023.

BRANDT, C. F.; BURAK, D.; KLÜBER, T. E., orgs. **Modelagem matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações** [online]. 2 ed. rev. Ponta Grossa: UEPG, 2016, 226 p. ISBN 978-85-7798-232-5. DOI 10.7476/9788577982325. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/b4zpq/epub/brandt-9788577982325.epub>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Notas sobre o Brasil no Pisa 2022*. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em: 8 fev. 2024.

BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sedec/MIDR. **Atlas de desastres naturais.** Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml>. Acesso em: 14 dez. 2024

BRASIL. Ministério Público Federal. **Direitos humanos fundamentais: 70 anos da Declaração Universal dos Direitos Humanos e 20 anos do reconhecimento da jurisdição da Corte Interamericana de Direitos Humanos e as mudanças na aplicação do direito no Brasil: coletânea de artigos – Brasília: MPF, 2019. 390 p.** Disponível em: http://www.mpf.br/pgr/documentos/coletanea_direitos_humanosfundamentais.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024

BRITANNICA, The Editors of Encyclopaedia. **Circulação atmosférica.** *In:* Encyclopaedia Britannica, 2019, Disponível em: <https://www.britannica.com/science/atmospheric-circulation>. Acesso em: 18 jun. 2024.

BULFINCH, T. O livro de ouro da mitologia (a idade da fábula): histórias de deuses e heróis Tradução: David Jardim Júnior. 26 ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

CANDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Mitologia e climatologia: um estudo das divindades relacionadas à ocorrência de tempo severo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, 2021. DOI 10.5380/abclima.v11i0.27788. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13654>. Acesso em: 8 dez. 2024.

CAVEIRO, J. FMI sobe a projeção para o PIB do Brasil, mas posição do país cai entre as maiores economias. **Money Times**, São Paulo, 29 out. 2024. Economia. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/fmi-sobe-a-projecao-para-o-pib-do-brasil-mas-posicao-do-pais-cai-entre-as-maiores-economias-veja-ranking-jcav/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

CENSO Demográfico 2022: população residente, área territorial e densidade demográfica. *In:* IBGE. **Sidra: sistema IBGE de recuperação automática.** Rio de Janeiro, [2023]. tab. 4714. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4714>. Acesso em: 28 out. 2023.

CHAUÍ, M. Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles. Vol. 1. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Companhia das Letras, 2002. 545 p.

CHIRINÉA, A. M.; BRANDÃO C. F. O IDEB como política de regulação do Estado e legitimação da qualidade: em busca de significados. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.** Rio de Janeiro: V. 23, n. 87, p. 461-484, abr./jun. 2015.

CRAVO, A. R., & ESPARTOSA, K. D. Avaliação de simulações interativas em ciências da Plataforma on-line “Phet” por meio de parâmetros de avaliação e de oficinas com futuros docentes. **Revista De Ensino De Biologia Da SBEnBio**, 14(1), 658–679. DOI 10.46667/renbio.v14i1.389. Disponível em: <https://doi.org/10.46667/renbio.v14i1.389>. Acesso em: 22 nov. 2024.

DEMO, P. Atividades de aprendizagem: sair da mania do ensino para comprometer-se com a aprendizagem do estudante [recurso eletrônico] / Pedro Demo. Campo Grande, MS:

Secretaria de Estado de Educação do Mato Grosso do Sul – SED/MS, 2018. 180 p. 1,27 MB; epdf. Disponível em: <https://www.sed.ms.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/eBook-Atividades-de-Aprendizagem-Pedro-Demo.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2023.

FILATRO, A.; CAIRO, S. **Produção de conteúdos educacionais: design instrucional, tecnologia, gestão, educação e comunicação**. São Paulo: Saraiva, 2017.

FRIGG, ROMAN E STEPHAN HARTMANN. "**Modelos na Ciência**": *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. (edição de outono de 2024), Edward N. Zalta e Uri Nodelman (eds.). Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/models-science/>. Acesso em: 02 out. 2024.

GARDNER, H. **The theory of multiple intelligences**. c2024. Disponível em: <https://www.multipleintelligencesoasis.org/resources>. Acesso em: 14 set. 2024.

GARDNER, H. '**Inteligências múltiplas**' não são '**estilos de aprendizagem**'. The Washington post, 16 out. 2013. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/news/answer-sheet/wp/2013/10/16/howard-gardner-multiple-intelligences-are-not-learning-styles/>. Acesso em: 15 set. 2024.

RECH, J. S.; REZER, R. A interdisciplinaridade como fenômeno complexo: em defesa de sua instabilidade conceitual. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 6, n. 17, ago. 2020. DOI: 10.21920/recei72020617467479. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21920/recei72020617467479>. Acesso em 14 mar. 2024.

Idoso derrubado pela força do vento disse ao filho que na hora não entendeu o que aconteceu. União da Vitória, G1 PR, 2024, 1 vídeo (1 min 25 s) Publicado pela G1. Disponível em: <https://youtu.be/Jo17MQ1yMpl>. Acesso em: 18 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **ESTRUTURA TERRITORIAL: área dos municípios**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=1>. Acesso em: 15 out. 2023.

ISAACSON, W. **Leonardo da Vinci**. Tradução: André Czarnobai. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017. 604 p.

INSTITUTO REÚNA. **BNCC Comentada para o Ensino Médio**. Org. Maria Ignez Diniz e Fabricio Eduardo Ferreira, 2020. 39 p. Disponível em: <https://anec.org.br/wp-content/uploads/2021/05/BNCC-EM-MAT-comentada.pdf> Acesso em: 24 out. 2023.

LAGE, E. **Pêndulo de Foucault**, Rev. Ciência Elem., 2018. V6(3):069. DOI [10.24927/rce2018.069](https://doi.org/10.24927/rce2018.069). Disponível em: <http://doi.org/10.24927/rce2018.069>. Acesso em: 22 mai. 2023.

LEÃO, M.; ARAGÃO, M. **Apresentação para a disciplina de Estruturas Metálicas, 2013**. Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/metallica/estruturas_metallicas_2013_3.pdf. Acesso em: 16 set. 2023.

Lei de 2 de julho de 1862 (Lei Morrill), Lei Pública 37-108, que estabeleceu faculdades de concessão de terras, 02/07/1862; Atos e Resoluções Registrados do Congresso, 1789-1996; Grupo de Registros 11; **Registros Gerais do Governo dos Estados Unidos**; Arquivos Nacionais. Disponível em: <https://www.archives.gov/milestone-documents/morrill-act>. Acesso em: 15 ago. 2024.

LURKER, M. The Routledge Dictionary of Gods and Goddesses, Devils and Demons. 3rd ed. London: Routledge. 2005. 272 p.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. Fundamentos da mecânica dos fluidos, tradução da quarta edição americana: Euryale de Jesus Zerbini. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS, Exposição Leonardo da Vinci: maravilhas mecânicas / org. Antônio Carlos Martins, 1^a ed. Atual, Rio de Janeiro, 2014, 64 p.

NERY, M. B.; SOUZA, A. A. L., ADORNO, S. Os padrões urbano-demográficos da capital paulista. USP Cidades globais, Estud. av. 33 (97), Sep Dec 2019. DOI 10.1590/s0103-4014.2019.3397.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.002>. Acesso em: 28 mai. 2023.

NSF. National Science Foundation. EUA: **Why was NSF formed?** Disponível em: <https://new.nsf.gov/about/history#when-was-nsf-established--792>. Acesso em: 14 set. 2024.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **About PISA.** Paris, 2022. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa.html#about>. Acesso em: 15 dez. 2023.

OESTE MARINE. Barco a vela: o que é e como funciona a embarcação. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://oestemarine.com.br/barco-de-vela/>. Acesso em: 19 mai. 2024.

PERSSON, A. How Do We Understand the Coriolis Force? Bulletin of the American Meteorological Society. 1998, vol. 79, ed. 7, p. 1373–1386. DOI 10.1175/1520-0477(1998)079<1373:HDWUTC>2.0.CO;2. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<1373:HDWUTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<1373:HDWUTC>2.0.CO;2). Acesso em: 18 mai. 2023.

PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS. Universidade de Colorado Boulder. 2002. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>. Acesso em: 04 out. 2024.

POCINHO, M.; MENDES, C. Avaliação das Inteligências Múltiplas em Crianças do Ensino Fundamental. Psicologia Escolar e do Desenvolvimento, Teor. e Pesq. 37, 2021. DOI 10.1590/0102.3772e37304. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102.3772e37304>. Acesso em: 18 jul. 2024.

POLITO, A. M. M.; FILHO, O. L. S. A filosofia da natureza dos pré-Socráticos, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 323-361, ago. 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n2p323 Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165480.pdf>. Acesso em 3 ago. 2023.

RAZI, A.; ZHOU, G. STEM, iSTEM e STEAM: What is next? **International Journal of Technology in Education**, vol. 5, n° 1, 2022. DOI 10.46328/ijte.119. Disponível em: <https://doi.org/10.46328/ijte.119>. Acesso em: 23 ago. 2023.

RIBEIRO, W. C. **Justiça espacial e justiça socioambiental: uma primeira aproximação**. Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. 31(89), 147–165. DOI [10.1590/s0103-40142017.31890014](https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890014). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890014>. Acesso em: 7 dez. 2024.

RODRÍGUEZ, M. A.; LEÓN C. M. **Fundamentos de climatología**. Logroño, Universidad de La Rioja: Servicio de Publicaciones, ISBN 978-84-695-2799-3, 64 p. 2012.

ROSA, E. S. **Mecânica dos fluidos**, UNICAMP. Disponível em: <https://www.fem.unicamp.br/~im250/APOSTILAS%20E%20MINI-CURSOS/APOSTILAS.htm> Acessos em: 22 jun. 2023

SANDERS, M. STEM, STEM education, STEMmania. **The Technology Teacher**, Virginia polytechnic institute and state university, p. 20-26, December/January 2009.

SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista Brasileira de Educação** v. 13 n. 37 jan./abr. 2008 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Laboratório de Estudos e Pesquisas Transdisciplinares. DOI 10.1590/S1413-24782008000100007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782008000100007> Acesso em 13 dez. 2024

SIEDLER, C; ROCHA, É. **UFRGS - PROFESSORES EMÉRITOS, MEMÓRIAS E HISTÓRIA**. UFRGS, RS. 2012 p. 142-147.

SILVA, M. A.; SILVA, M. D. A.; FERREIRA, N. S. R. Governar por números: política da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico para a educação básica. **Revista Brasileira de Educação**, v. 27, 2022. p. 20. DOI 10.1590/S1413-24782022270120. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782022270120>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SOARES, F. A. M. **Atenas e o Mediterrâneo romano, espaço, evergetismo e integração**. 2015. 399 p. Tese (Doutorado em história) - faculdade de filosofia e ciências humanas, programa de pós-graduação em história social da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. DOI doi.org/10.11606/T.8.2015.tde-02072015-152555 Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-02072015-152555/pt-br.php> Acesso em: 14 mai. 2023.

Sobe para 14 o número de mortos em queda de outdoor ilegal na Índia; mais de 70 pessoas ficaram feridas. Mumbai, O globo com agências internacionais, 2024, 1 vídeo (45 s) Publicado pela Tv Anhanguera. Disponível em: oglobo.globo.com/mundo/video/outdoor-cai-na-india-durante-tempestade-e-deixa-mortos-e-feridos-12593037.ghtml Acesso em: 22 nov. 2024.

SOMMERMAN A. **A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade como novas formas de conhecimento para a articulação de saberes no contexto da ciência e do conhecimento em geral: contribuição para os campos da educação, da saúde e do meio ambiente**. 2012.

1305 p. Tese (Doutorado em difusão do conhecimento), UFBA, Bahia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/22497>. Acesso em: 22 mai. 2023.

SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 37 jan./abr. 2008. DOI 10.1590/S1413-24782008000100007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782008000100007>. Acesso em: 26 ago. 2023.

SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**, 30ª ed., São Paulo, ASA, 2009.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, v. 18, n. 52, p. 163–188, mar. 2013. DOI 10.1590/S1413-24782013000100010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782013000100010>. Acesso em: 22 jun. 2023.

TPE. Todos Pela Educação. **Anuário Brasileiro da Educação Básica 2021**. São Paulo: Moderna 2021. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/anuario-da-educacao/>. Acesso em: 3 de dez. 2024.

UN Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR). **Fact Sheet No. 21: the human right to adequate housing**, Fact Sheet No. 21/Rev.1, November 2009. Disponível em: <https://www.refworld.org/reference/themreport/ohchr/2009/en/52902>. Acesso em: 5 de dez. 2024.

VALLIS, M. B. **Modelo Climático para Ventos Extremos no Brasil**. Tese (Doutorado em engenharia civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198303>. Acesso em: 15 set. 2023.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**, V. digital 2, Recife, 2006, 449 p. Disponível em: [https://solarimetria.fca.unesp.br/downloads/Varej%C3%A3oSilva\(2006\).pdf](https://solarimetria.fca.unesp.br/downloads/Varej%C3%A3oSilva(2006).pdf). Acesso em: 12 mar. 2023.

VILANOVA, L. C. **Mecânica dos fluidos**. 3. ed., Santa Maria, RS: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria CTISM, Curso em Automação Industrial, 2011, 82 p.

VILLAÇA, F. São Paulo: **Segregação urbana e desigualdade**. Dossiê São Paulo, Hoje, Estud. av. 25 (71), abr. 2011. DOI 10.1590/S0103-40142011000100004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000100004>. Acesso em: 16 set. 2023.

VISUAL VENTOS. **Determinação das forças devidas ao vento**. Disponível em <http://www.ertools.upf.br/>. Acesso em: 10 de jul. 2024.

YAKMAN, G. STEAM - An Educational Framework to Relate Things To Each Other And Reality, **K12 Digest**, December 12, 2019. Disponível em: <https://www.k12digest.com/steam-an-educational-framework-to-relate-things-to-each-other-and-reality/>. Acesso em: 06 set. 2023.

YAKMAN, G. **STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education**. March, 2008. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/327351326>. Acesso em: 10 set. 2023.

ANEXOS

ANEXO A — APLICAÇÃO DO SOFTWARE VISUAL VENTOS

O Laboratório de Métodos Numéricos e Computação Gráfica e Científica (LAMEC), da Universidade de Passo Fundo (UPF) disponibiliza ferramentas computacionais com o intuito de serem realmente de cunho pedagógico. Nesta perspectiva, o software proporciona ao usuário apropriar-se do conhecimento com qualidade, possibilitando que o mesmo vivencie a modelagem cuja referência espacial é similar as construções habitacionais típicas do cotidiano.

Iniciando um exemplo como aplicação, conforme a Figura 45, temos uma estrutura em duas águas, 150 m^2 de área, pé direito de $3,5\text{ m}$, telhado com $17,74^\circ$ de inclinação em 3 pórticos de 5 m .

Tela 1 — Visual Ventos – Geometria

VisualVentos

Ler Arquivo Gravar Arquivo Sair Notações Ajuda Sobre o Programa

Geometria

Dimensões

Medidas

b 10 m a 15 m h 3,5 m Distância entre pórticos

b1 5,00 m a1 3,75 m a2 3,75 m p 5 m

β 17,74 ° h1 1,60 m

Confirmar

Área das aberturas

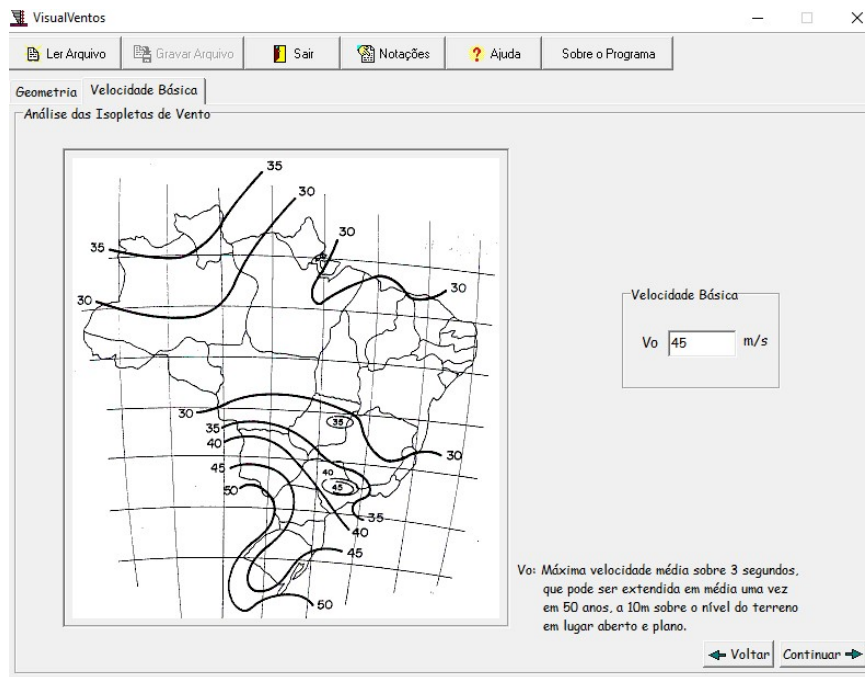
Face	Fixa	Móvel
A1	0 m ²	0 m ²
A2	0 m ²	0 m ²
A3	0 m ²	0 m ²
B1	0 m ²	0 m ²
B2	0 m ²	0 m ²
B3	0 m ²	0 m ²
C1	0 m ²	0 m ²
C2	0 m ²	0 m ²
D1	0 m ²	0 m ²
D2	0 m ²	0 m ²

Continuar

Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 2 temos a velocidade básica do vento V_0 , segundo as isopletas,

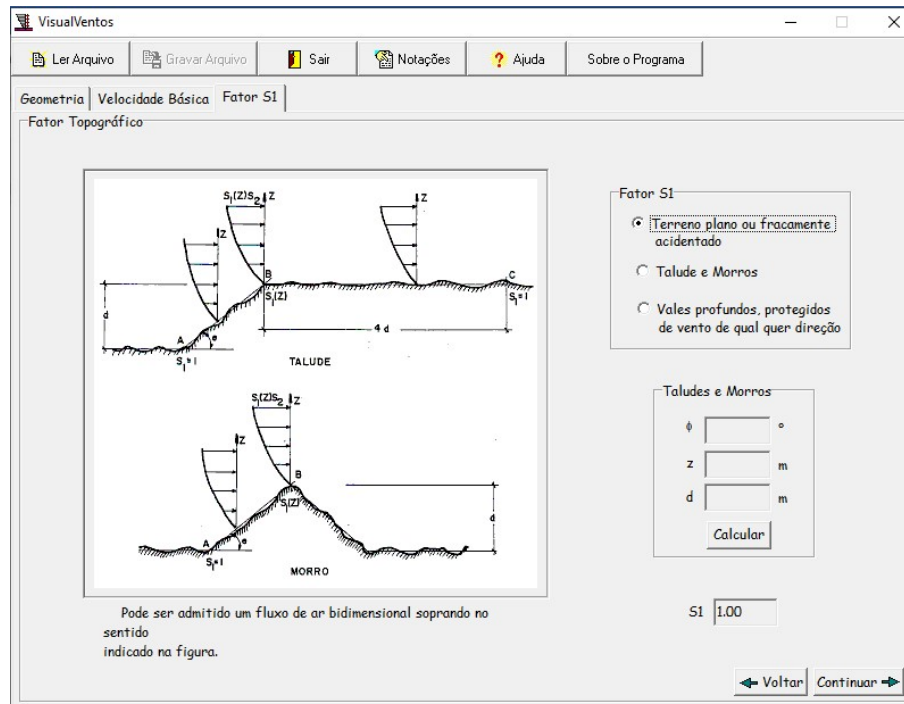
Tela 2 — Visual Ventos – Velocidade V_0



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 3 temos a determinação do fator S_1 ,

Tela 3 — Visual Ventos – Fator S_1



Fonte: Autor da pesquisa

Na Tela 4 temos a determinação do fator S_2 ,

Tela 4 — Visual Ventos – Fator S_2

VisualVentos

Ler Arquivo Gravar Arquivo Sair Notações Ajuda Sobre o Programa

Geometria Velocidade Básica Fator S1 Fator S2

Fator de Rugosidade

Categoria do terreno

Categoria	Descrição do ambiente
<input type="radio"/> I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
<input type="radio"/> II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
<input type="radio"/> III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
<input checked="" type="radio"/> IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.
<input type="radio"/> V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.

Classe de edificação	Classe	Descrição
Maior dimensão	<input checked="" type="radio"/> A	Maior dimensão menor ou igual a 20m
<input type="text" value="15,00"/> m	<input type="radio"/> B	Maior dimensão entre 20 e 50m
	<input type="radio"/> C	Maior dimensão maior ou igual 50m

Fator S2

S2

Calcular

Voltar Continuar

Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 5 temos a determinação do fator S_3 ,

Tela 5 — Visual Ventos – Fator S_3

VisualVentos

Ler Arquivo Gravar Arquivo Sair Notações Ajuda Sobre o Programa

Geometria Velocidade Básica Fator S1 Fator S2 Fator S3

Fator Estatístico

Fator S3

Grupo	Descrição
<input type="radio"/> 1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros, centrais de comunicação, etc)
<input type="radio"/> 2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação
<input checked="" type="radio"/> 3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc)
<input type="radio"/> 4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc)
<input type="radio"/> 5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção

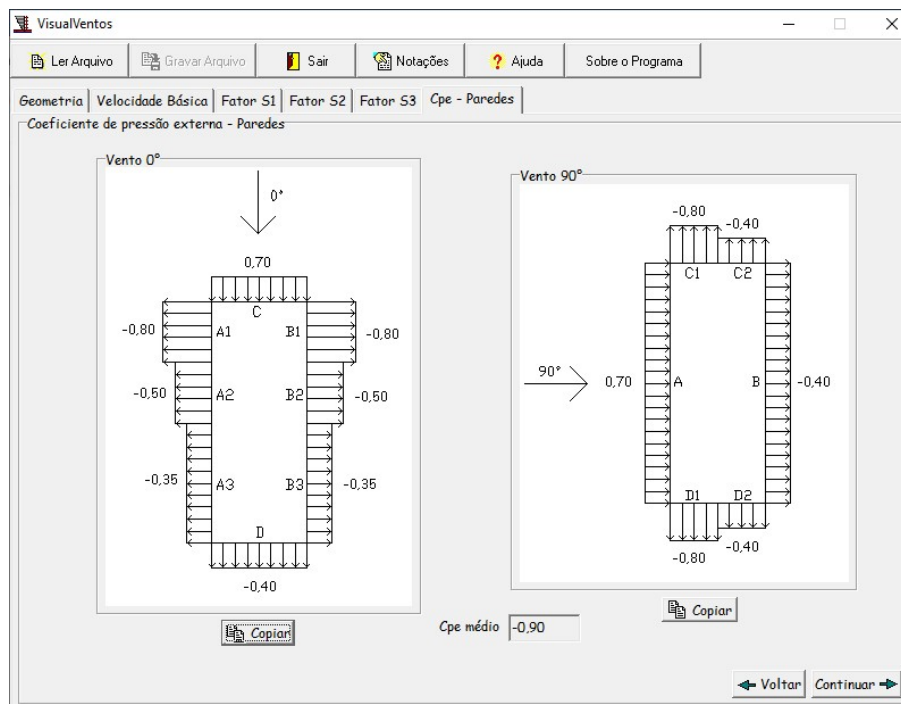
S3

Voltar Continuar

Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 6 temos a determinação do fator S_3 e C_{pe} paredes,

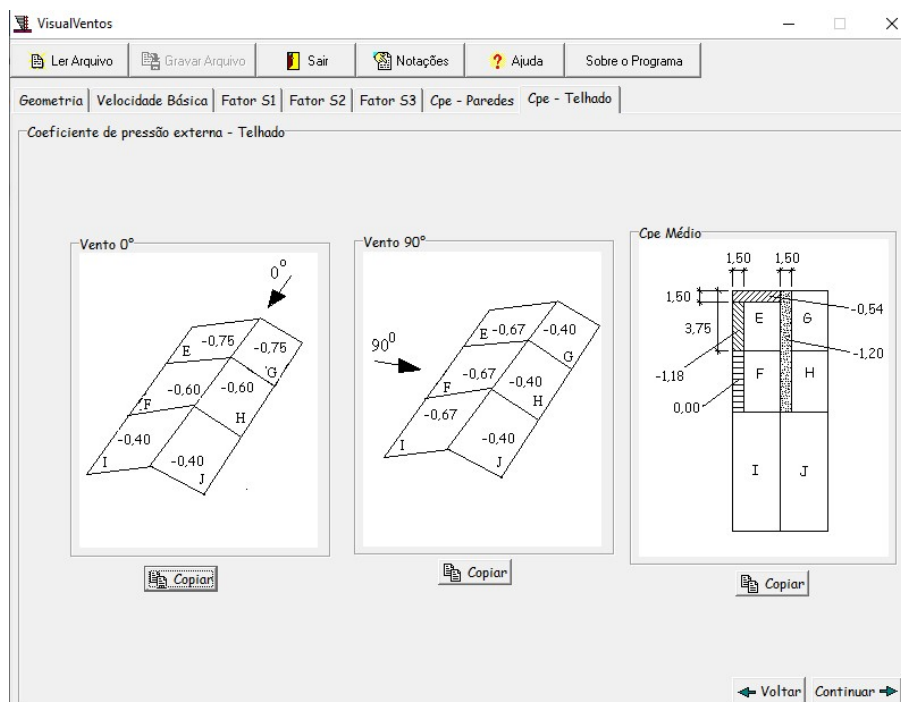
Tela 6 — Visual Ventos – Fator S_3 e C_{pe} paredes



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 7 temos a determinação do fator C_{pe} parede e C_{pe} telhado,

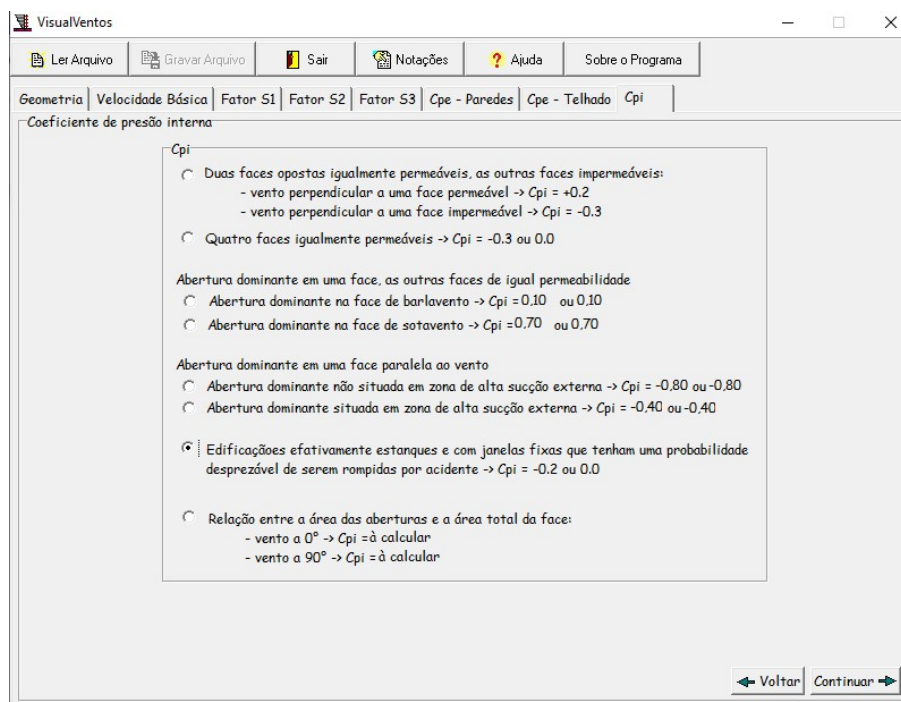
Tela 7 — Visual Ventos – C_{pe} parede C_{pe} telhado



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 8 temos a determinação do fator C_{pe} telhado C_{pi} ,

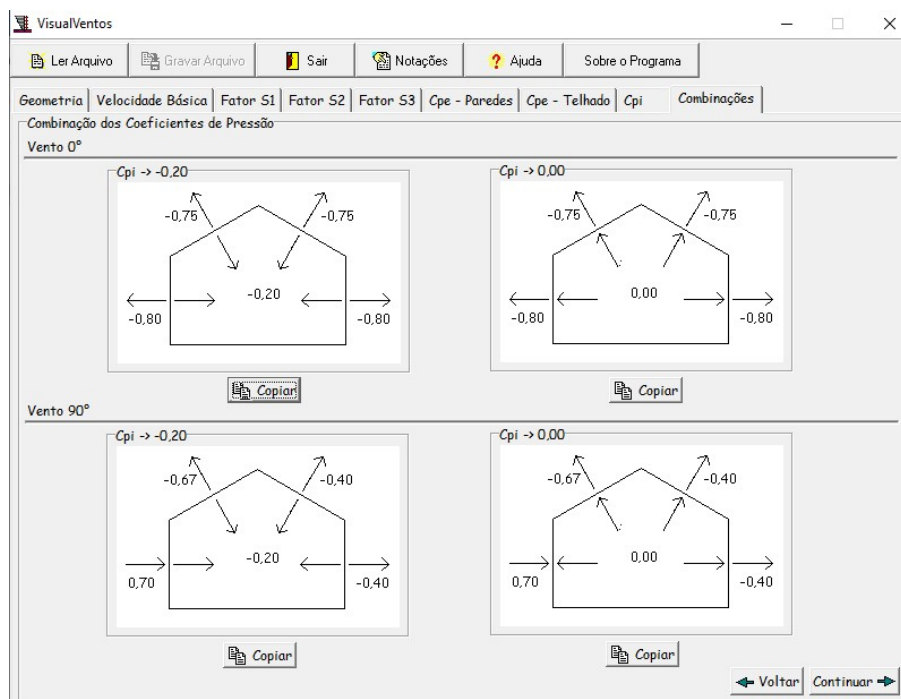
Tela 08 - Visual Ventos – C_{pe} telhado C_{pi}



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 9 temos a determinação do fator C_{pi} combinações,

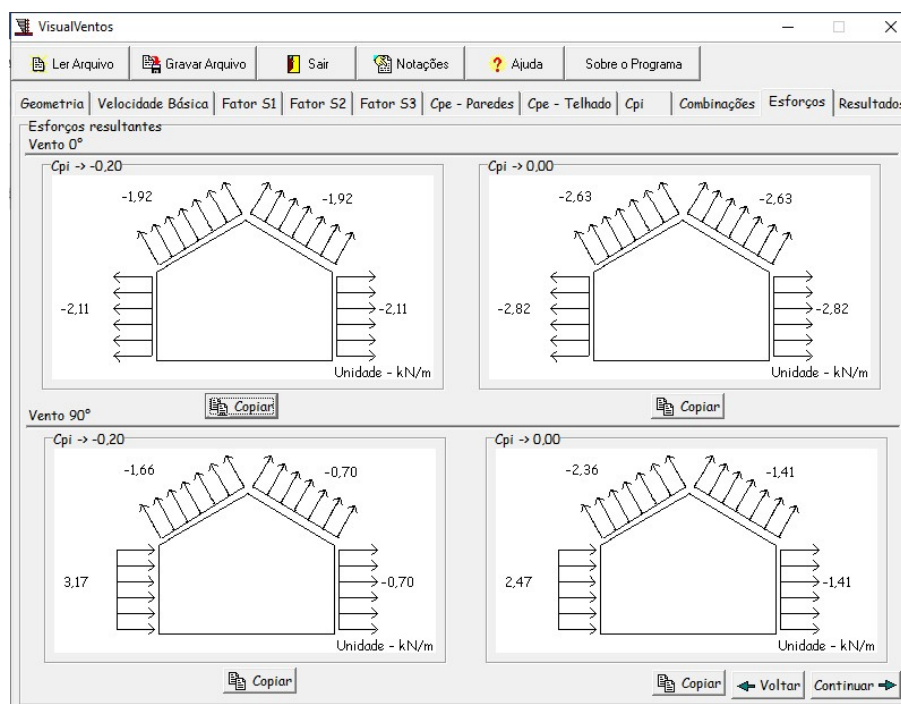
Tela 9 — Visual Ventos – C_{pi} combinações



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 10 temos a determinação das combinações,

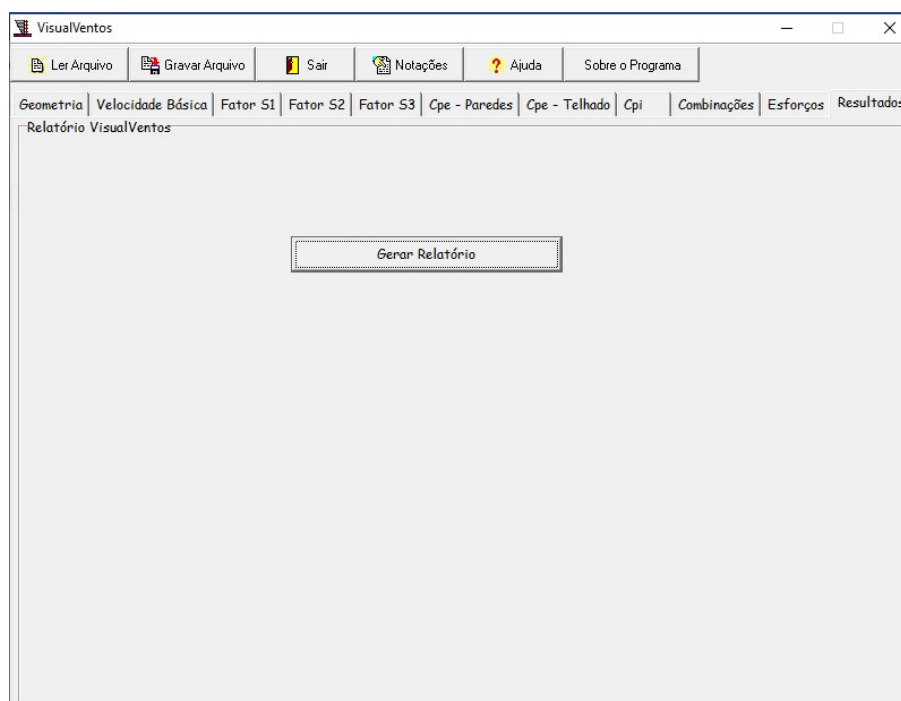
Tela 10 — Visual Ventos – combinações



Fonte: Autor da pesquisa.

Na Tela 11 temos a determinação dos resultados,

Tela 11 — Visual Ventos – resultados



Fonte: Autor da pesquisa.

Ao finalizar basta gerar o relatório para que tenha acesso ao memorial de cálculo.

Relatório (Aplicação exclusiva de cunho pedagógico)

Observação: Os resultados aqui expostos devem ser avaliados por um profissional com experiência.

VisualVentos <http://www.ertools.upf.br>

Este software está registrado no INPI No. 00062090

Dados Geométricos

$$b = 10,00 \text{ m}$$

$$a = 15,00 \text{ m}$$

$$b1 = 2 * h$$

$$b1 = 2 * 3,50$$

$$b1 = 7,00 \text{ m}$$

ou

$$b1 = b/2$$

$$b1 = 10,00/2$$

$$b1 = 5,00 \text{ m}$$

Adota-se o menor valor, portanto

$$b1 = 5,00 \text{ m}$$

$$a1 = b/3$$

$$a1 = 10,00/3$$

$$a1 = 3,33 \text{ m}$$

ou

$$a1 = a/4$$

$$a1 = 15,00/4$$

$$a1 = 3,75 \text{ m}$$

Adota-se o maior valor, porém $a1 \leq 2 * h$

$$2 * 3,50 = 7,00 \text{ m}$$

Portanto

$$a1 = 3,75 \text{ m}$$

$$a2 = (a/2) - a1$$

$$a2 = (15,00/2) - 3,75$$

$$a2 = 3,75 \text{ m}$$

$$h = 3,50 \text{ m}$$

$$h1 = 1,60 \text{ m}$$

$$\beta = 17,74^\circ$$

$$d = 5,00 \text{ m}$$

Área das aberturas

Fixas

$$\text{Face A1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face A2} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face A3} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face B1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face B2} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face B3} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face C1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face C2} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face D1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face D2} = 0,00 \text{ m}^2$$

Movéis

$$\text{Face A1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face A2} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face A3} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face B1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face B2} = 0,00 \text{ m}^2$$

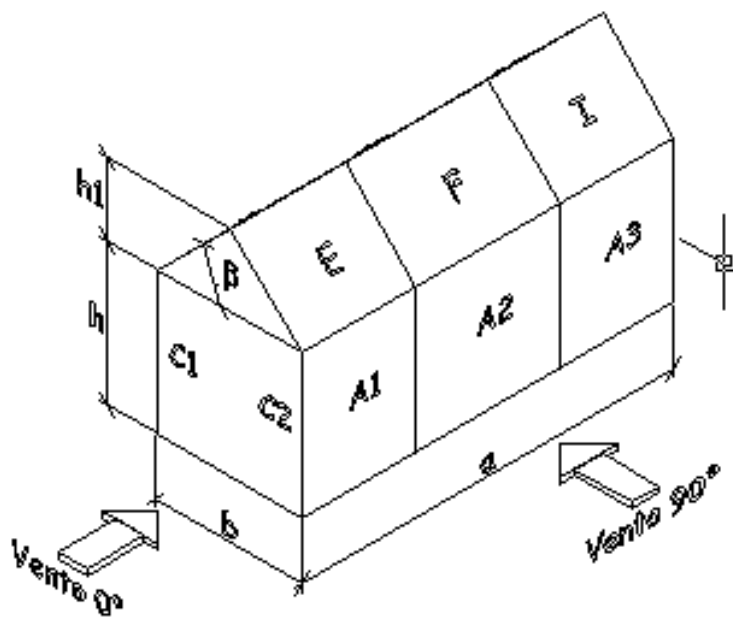
$$\text{Face B3} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face C1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face C2} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face D1} = 0,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Face D2} = 0,00 \text{ m}^2$$



Velocidade básica do vento

$$V_o = 45,00 \text{ m/s}$$

Fator Topográfico (S1)

Terreno plano ou fracamente acidentado

$$S_1 = 1,00$$

Fator de Rugosidade (S2)

Categoria IV

Classe A

Parâmetros retirados da Tabela 2 da NBR 6123/88 que relaciona Categoria e Classe

$$b = 0,86$$

$$Fr = 1,00$$

$$p = 0,12$$

$$S_2 = b * Fr * (z/10)^{exp p}$$

$$S_2 = 0,86 * 1,00 * (5,10/10)^{exp 0,12}$$

$$S_2 = 0,79$$

Fator Estático (S3)

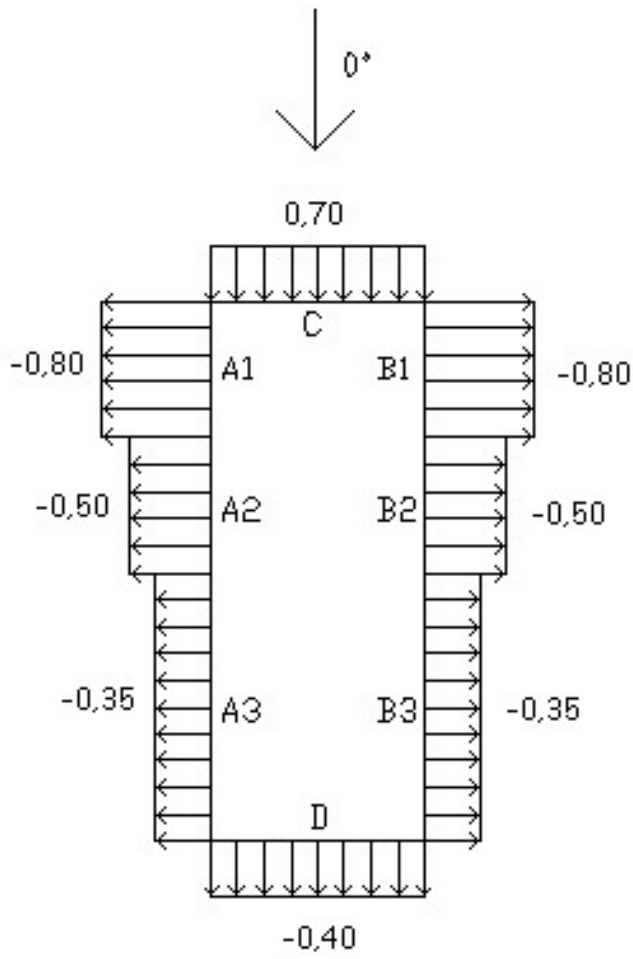
Grupo 3

$$S_3 = 0,95$$

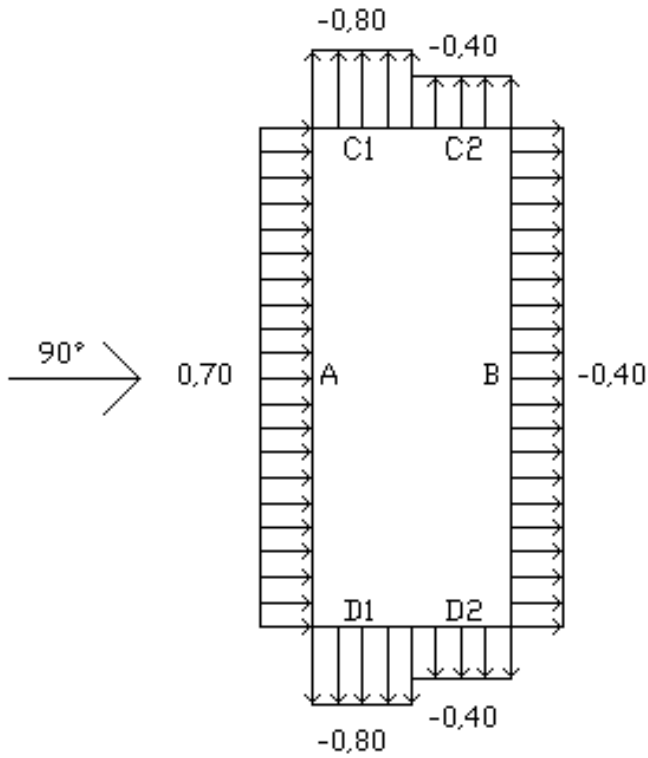
Coefficiente de pressão externa

Paredes

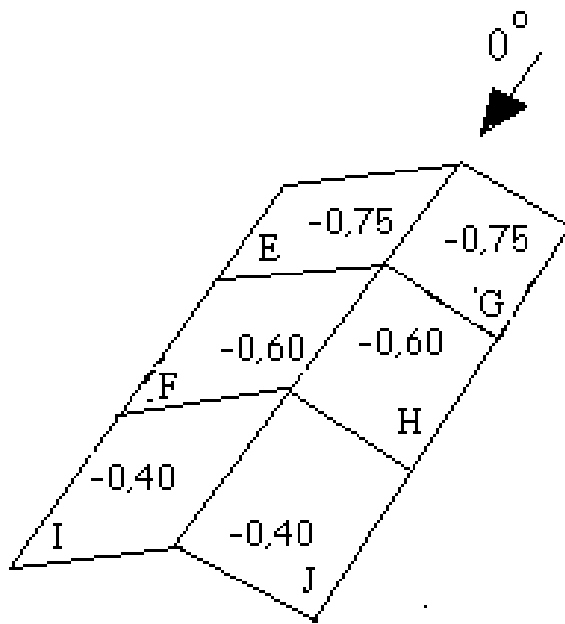
Vento 0°



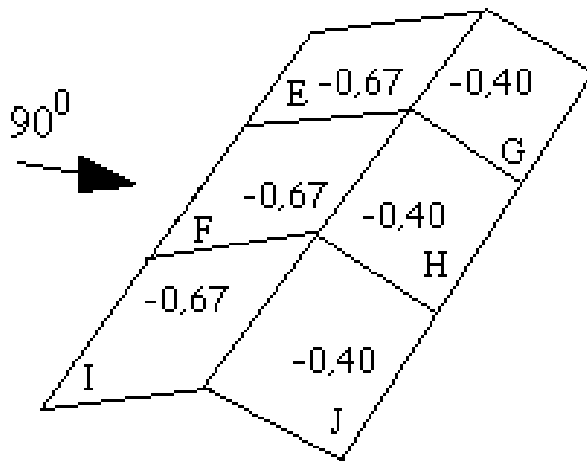
Vento 90°



Telhado
Vento 0°



Vento 90°



Cpe médio = -0,90

Coefficiente de pressão interno

Cpi 1 = -0,20

Cpi 2 = 0,00

Velocidade Característica de Vento

$$V_k = V_o * S1 * S2 * S3$$

$$V_k = 45,00 * 1,00 * 0,79 * 0,95$$

$$V_k = 33,91 \text{ m/s}$$

Pressão Dinâmica

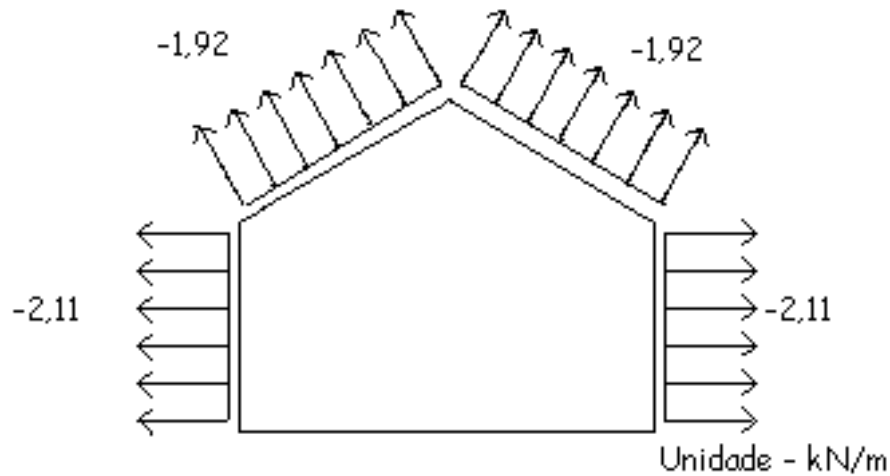
$$q = 0,613 * V_k^2$$

$$q = 0,613 * 33,91^2$$

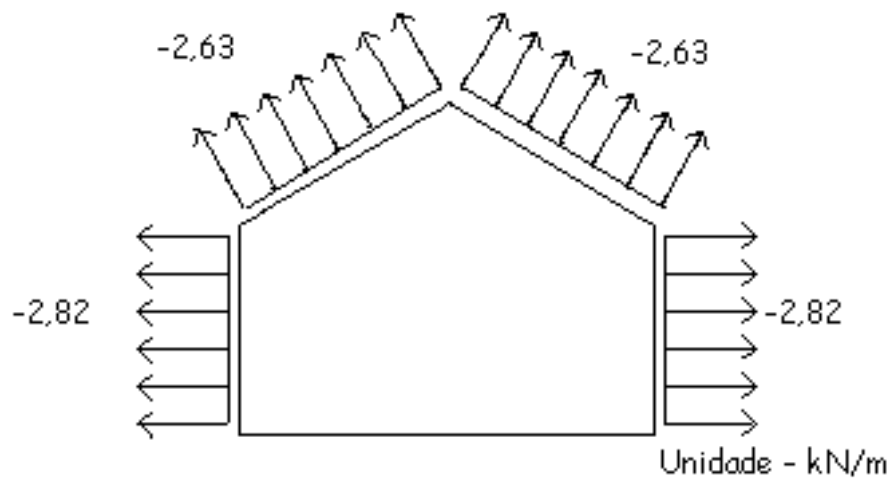
$$q = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

Esforços Resultantes

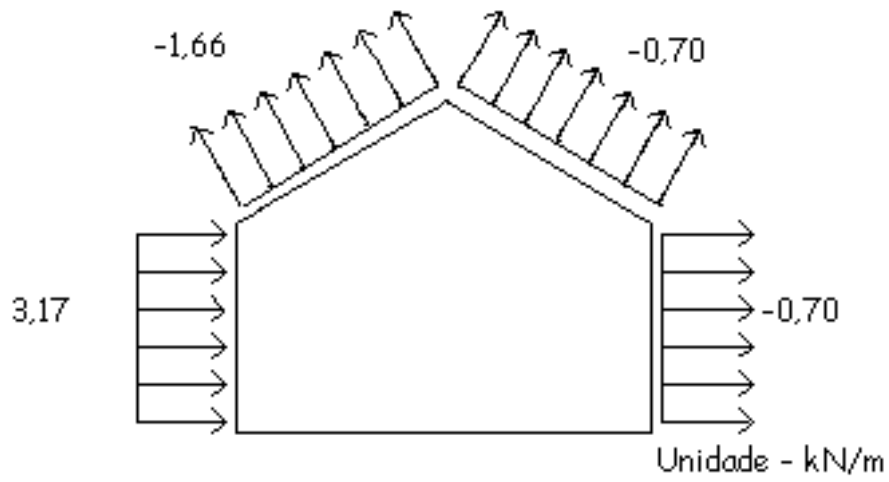
Vento 0° - Cpi = -0,20



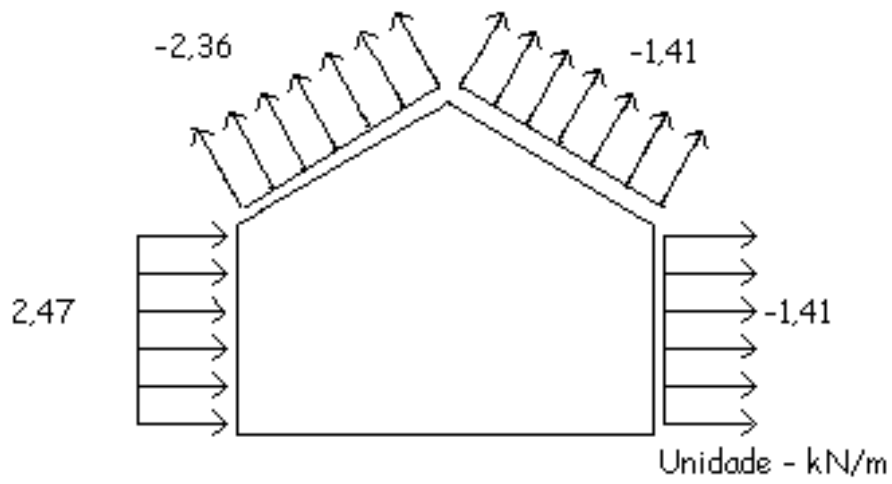
Vento 0° - Cpi = 0,00



Vento 90° - Cpi = -0,20



Vento 90° - $C_{pi} = 0,00$



ANEXO B — BNCC COMENTADA PARA O ENSINO MÉDIO

Tabela 13 — BNCC Comentada para o Ensino Médio - Instituto Reúna.

Competência específica 1 de Matemática e suas Tecnologias	
<p>Competência específica da BNCC</p> <p>Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.</p>	<p>Comentário sobre a competência específica da BNCC</p> <p>A competência 1 apresenta a Matemática como um corpo de conhecimentos a serviço de outras áreas do conhecimento e, por isso, colabora para a formação integral do estudante. O conhecimento de estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos, sempre levando em consideração o contexto em que a situação está inserida, estão associados ao domínio da competência. A compreensão do que se deseja determinar de acordo com cada situação, exige a combinação de vários conhecimentos de modo apropriado para que seja possível colocar esse conjunto de ideias em ação, monitorando estratégias selecionadas em cada situação e analisando sua eficiência; e a leitura e interpretação de textos verbais, desenhos técnicos, gráficos e imagens. É uma competência relacionada à preparação dos jovens para construir e realizar Projetos de Vida. Vale destacar a relação dessa competência com a Competência Geral 2 da BNCC, no que se refere ao exercício da curiosidade intelectual que utiliza o conhecimento para investigar, refletir e criar soluções em diferentes situações.</p>
Habilidades da BNCC vinculadas à competência específica	
<p>EM13MAT101</p> <p>Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Funções: interpretação de gráficos e de expressões algébricas. Sistemas e unidades de medida: leitura e conversão de unidades de grandezas diversas. Variação de grandezas, como velocidade, concentração, taxas de crescimento ou decrescimento de populações, índices econômicos etc. Estatística: gráficos (e infográficos), medidas de tendência central e de dispersão.</p>
Possibilidades para o currículo	

Essa habilidade pode integrar de modo natural o estudo com as áreas de Ciências Sociais Aplicadas (Economia) e Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia). A utilização de textos específicos de Matemática, ou seja, aqueles que envolvem símbolos, fórmulas, gráficos de textos extraídos da mídia, situações relativas ao desenvolvimento econômico, finanças locais e questões ambientais, favorece o desenvolvimento da habilidade, assim como a aprendizagem dos objetos de conhecimento a ela relacionados. O uso de recursos digitais, tais como planilhas eletrônicas, pode ser útil na sistematização dos dados e na produção de tabelas e gráficos, quando necessário. A avaliação da aprendizagem se evidencia quando o estudante é capaz de identificar conceitos e processos matemáticos em um determinado contexto e descrevê-los, bem como comparar e julgar informações de acordo com a situação explorada. O desenvolvimento dessa habilidade está diretamente relacionado à construção da Competência Geral 7 da BNCC, no sentido de aprender a argumentar e se posicionar com base em fatos e informações de diferentes áreas.

<p>EM13MAT103</p> <p>Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Funções: representação gráfica e algébrica. Sistema Internacional de Medidas: principais unidades e conversões. Bases de sistemas de contagem (base decimal, base binária, base sexagesimal etc.). Principais unidades de armazenamento de dados na informática (bit, byte, kilobyte, megabyte, gigabyte etc.) e transferência de dados (Mbps, Kbps, Gbps etc.).</p>
--	---

Possibilidades para o currículo

A habilidade tem relação com os componentes curriculares da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias. É possível explorar as relações de conversão entre escalas termométricas para o desenvolvimento do conceito de função afim. Comparar o armazenamento real (base binária) com o armazenamento descrito (base decimal) para dispositivos de armazenamento de dados físicos (HDs, pen drives e cartões de memória) a partir da análise da ficha técnica de tais equipamentos também é útil na exploração de parte da habilidade. A escolha de temas atuais e a resolução de problemas propostos em contextos da tecnologia são mobilizadores da aprendizagem e permitem ao jovem avançar na construção de seu Projeto de Vida pela ampliação de sua percepção sobre o mundo atual e a tecnologia.

Competência específica 2 de Matemática e suas Tecnologias

<p>Competência específica da BNCC</p> <p>Propor ou participar de ações para investigar desafios do mundo contemporâneo e tomar decisões éticas e socialmente responsáveis, com base na análise de problemas sociais, como os voltados a situações de saúde, sustentabilidade, das implicações da tecnologia no mundo do trabalho, entre outros, mobilizando e articulando conceitos, procedimentos e linguagens próprios da Matemática.</p>	<p>Comentário sobre a competência específica da BNCC</p> <p>A competência 2 colocando o estudante como personagem atuante em sua comunidade local e no mundo globalizado. As ações de propor e participar fazem referência à capacidade de ser parte de algo, compartilhar saberes com o outro e colaborar conjuntamente para a produção de algo. Destaca-se também o papel da investigação por parte do estudante, o que pressupõe a observação dos desafios presentes em sua comunidade local/global, a</p>
--	--

	<p>elaboração de hipóteses que as descrevam, o tratamento dos dados associados à situação envolvida, a análise dos resultados obtidos e, por fim, a tomada de decisão a partir das conclusões obtidas. Ao desenvolver essa competência, pode-se afirmar que o estudante avança em relação ao entendimento de que os Projetos de Vida não são apenas no âmbito profissional, mas também nas dimensões pessoal e social/cidadã.</p>
<p>Habilidades da BNCC vinculadas à competência específica</p>	
<p>EM13MAT201 Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.</p>	<p>Objetos do conhecimento Conceitos e procedimentos de geometria métrica. Sistema métrico decimal e unidades não convencionais. Funções, fórmulas e expressões algébricas.</p>
<p>Possibilidades para o currículo Como essa competência prevê a produção de algo por parte do estudante (que pode ocorrer de maneira individual ou colaborativa), a Matemática exerce o papel de ferramenta, com seus procedimentos e sua linguagem, junto a outros componentes curriculares. A proposição ou participação em ações que utilizem os objetos de conhecimento citados nessa habilidade sugere a utilização de metodologias ativas, como é o caso da realização de projetos. Assim, a escolha dos temas pelos próprios estudantes pode considerar a diversidade de realidades, contextos e culturas presentes no Brasil. Um projeto significativo para os jovens envolve certamente uma questão inicial que aos poucos deve se tornar um bom problema, permeado pela pesquisa em diferentes fontes, a organização de dados e sua representação. No desenvolvimento dessa habilidade, é provável que em dado momento haja a necessidade de modelos matemáticos que solucionem questões previamente desconhecidas, o que contribui para o letramento matemático do estudante. Essa habilidade se relaciona com a Competência Geral 1 da BNCC, uma vez que o conhecimento historicamente produzido permite ao estudante entender e explicar situações no contexto de seus interesses e motivações.</p>	
<p>Competência específica 3 de Matemática e suas Tecnologias</p>	
<p>Competência específica da BNCC Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.</p>	<p>Comentário sobre a competência específica da BNCC A competência 3, em essência, está relacionada ao chamado “fazer matemático”, ou seja, está intimamente ligada à essência da Matemática que é a ação de resolver situações problemas, a qual é o centro da atividade matemática. Por esse motivo, deixa claro que os conceitos e procedimentos matemáticos somente terão significado caso os estudantes possam utilizá-los para solucionar os desafios com que se deparam. É importante frisar que a referida</p>

	<p>competência não se restringe apenas à resolução de problemas, mas também trata de sua elaboração. Isso revela uma concepção da resolução de problemas além da mera aplicação de um conjunto de regras. Outro grande destaque refere-se à modelagem matemática como a construção de modelos matemáticos que sirvam para generalizar ideias ou para descrever situações semelhantes. Essa competência tem estreita relação com a Competência Geral 2 da BNCC, no sentido da capacidade de formular e resolver problemas, e com a Competência Geral 4, que reforça a importância de saber utilizar as diferentes linguagens para expressar ideias e informações para a comunicação mútua.</p>
<p>Habilidades da BNCC vinculadas à competência específica</p>	
<p>EM13MAT302</p> <p>Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou 2º graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Função polinomial do 1º grau. Função polinomial do 2º grau. Variação entre grandezas (proporcionalidade e não proporcionalidade).</p>
<p>Possibilidades para o currículo</p> <p>Uma possibilidade para o desenvolvimento dessa habilidade refere-se à construção de gráficos usando transformações aplicadas nas funções elementares $f(x) = a \cdot x$ e $f(x) = x^2$. Por exemplo, ao modificar o valor do coeficiente a da função $f(x) = a \cdot x$, com ou sem auxílio de softwares, o estudante pode investigar a inclinação da reta em relação ao eixo das abscissas do plano cartesiano, assim como o deslocamento da reta quando se acrescenta à sua equação um valor k para se obter o gráfico de $f(x) = ax + k$. Dessa maneira, é possível atribuir um caráter dinâmico às representações gráficas dessas funções, ao mesmo tempo em que se desenvolvem processos matemáticos de comunicação e argumentação. Por sua vez, essas funções modelam situações e fenômenos de muitas áreas do saber, por exemplo, o estudo dos movimentos uniformemente acelerados que podem ser descritos com auxílio das funções polinomiais do 2º grau, o que permite complementar a resolução de problemas com a formulação pelo estudante de situações semelhantes, exercendo sua curiosidade intelectual e criatividade, como é esperado dele na aquisição da Competência Geral 2 da BNCC.</p>	
<p>EM13MAT307</p> <p>Empregar diferentes métodos para a obtenção da medida da área de uma superfície (reconfigurações, aproximação por cortes, etc.) e deduzir expressões de cálculo para aplicá-las em situações reais (como o remanejamento e a distribuição de plantações, entre outros), com ou sem apoio de tecnologias digitais.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Áreas de figuras geométricas (cálculo por decomposição, composição ou aproximação). Expressões algébricas.</p>

Possibilidades para o currículo

Realizar intervenções locais no ambiente onde se reside é uma grande possibilidade para o desenvolvimento dessa habilidade. Sugerir maneiras de otimizar a plantação de uma determinada cultura, pensar em estratégias para preservar áreas ambientais ou até mesmo determinar a área de coleta de uma cisterna são alguns exemplos de ações que podem ser significativas para os estudantes ou para sua comunidade, favorecendo o desenvolvimento da Competência Geral 7 da BNCC no sentido da argumentação com base em dados para defender ideias que possam promover a qualidade de vida local ou global. O uso de instrumentos de medida, aplicativos em smartphones e softwares pode facilitar a criação de modelos/representações para o cálculo de áreas com certo grau de exatidão. Questões referentes à quantificação de povos indígenas e de métodos para a quantificação de pessoas numa manifestação também são boas oportunidades para desenvolver o senso crítico do estudante no contexto social em que se encontra. Além disso, determinar medidas inacessíveis necessárias para o cálculo das áreas envolvidas vinculam essa habilidade a outra da mesma competência (EM13MAT308).

EM13MAT314

Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc.).

Grandezas determinadas pela razão ou produto de outras (velocidade, densidade de um corpo, densidade demográfica, potência elétrica, bytes por segundo etc.). Conversão entre unidades compostas.

Essa habilidade traz em sua redação diversas inter-relações com outras áreas do Conhecimento, como aqueles referentes às Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Sociais e Tecnologia. Essa habilidade pode ser desenvolvida em parcerias entre professores de dois ou mais componentes, nos quais as grandezas compostas e as situações problema possuem contextos mais significativos pela proximidade com fenômenos naturais e sociais. Entre as inúmeras possibilidades, pode-se citar: a determinação da velocidade média de um corpo, o consumo de energia elétrica a partir da potência desenvolvida por um aparelho, a densidade de uma substância a partir da razão entre sua massa e seu volume, a densidade demográfica de determinada região ou até mesmo a determinação de unidades de medida da própria Matemática, como a definição de metro quadrado e de metro cúbico. Por exemplo, ao compreender que a unidade de medida da aceleração (metro por segundo ao quadrado) é obtida pelo produto entre a unidade de medida da velocidade (metro por segundo) e a de tempo (segundo), o estudante compreende melhor que a definição de aceleração é a variação da velocidade de um corpo por unidade de tempo. A habilidade se relaciona à Competência Geral 4 da BNCC no sentido da aquisição e interpretação da linguagem de diferentes áreas para melhor compreensão do mundo.

Competência específica 4 de Matemática e suas Tecnologias**Competência específica da BNCC**

Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.

Comentário sobre a competência específica da BNCC

competência 4 complementa as demais no sentido de que utilizar, interpretar e resolver situações-problema se faz pela comunicação das ideias dos estudantes por meio da linguagem matemática. Transitar entre os diversos tipos de representações (simbólica, algébrica, gráfica, textual etc.) permite a compreensão mais profunda dos conceitos e ideias da matemática. A

	<p>representação de uma mesma situação de diferentes formas estabelece conexões que possibilitam resolver problemas matemáticos usando estratégias diversas. Além disso, a capacidade de elaborar modelos matemáticos para expressar situações implica e revela a aprendizagem, além de potencializar o letramento matemático. Essa competência está relacionada ao desenvolvimento das Competências Gerais 4 e 5 da BNCC, uma vez que a linguagem utilizada de modo flexível permite expressar ideias e informações que facilitam o entendimento e ampliar o repertório de formas de expressão, inclusive a digital com espaço para autoria pessoal e criatividade do estudante.</p>
<p>Habilidades da BNCC vinculadas à competência específica</p>	
<p>EM13MAT402</p> <p>Converter representações algébricas de funções polinomiais de 2º grau em representações geométricas no plano cartesiano, distinguindo os casos nos quais uma variável for diretamente proporcional ao quadrado da outra, recorrendo ou não a softwares ou aplicativos de álgebra e geometria dinâmica, entre outros materiais.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Funções polinomiais de 2º grau. Gráficos de funções a partir de transformações no plano. Estudo do comportamento da função quadrática (intervalos de crescimento/decrescimento, ponto de máximo/mínimo e variação da função).</p>
<p>Possibilidades para o currículo</p> <p>desenvolvimento de projetos interdisciplinares envolvendo o componente curricular de Física pode favorecer no desenvolvimento dessa habilidade. Uma sugestão é levar o estudante a analisar a variação das alturas obtidas no lançamento de um projétil (bola, foguete construído com garrafas PET etc.) em um intervalo do tempo. Ao utilizar recursos como câmeras fotográficas de smartphones e tabular as alturas obtidas em planilhas eletrônicas, é possível modelar uma função quadrática que represente esse evento e expressá-la a partir de um gráfico usando software de geometria dinâmica. Outra possibilidade envolve o cálculo da força atuante entre cargas elétricas de diferentes intensidades com distâncias variáveis. Em tais contextos o estudante é colocado numa postura investigativa, em que é necessário elaborar ações de organização em que o uso de tecnologias é fundamental para a verificação dos resultados obtidos e para a comprovação de suas hipóteses iniciais. Além disso, o estudante é posto em contato com diferentes representações matemáticas do fenômeno estudado, podendo utilizá-las futuramente em outras situações semelhantes. Em situação investigativa, o desenvolvimento dessa habilidade compõe com a Competência Geral da BNCC, pois o estudante pode exercer a curiosidade científica para investigar causas, elaborar hipóteses, bem como formular e resolver problemas.</p>	
<p>Competência específica 5 de Matemática e suas Tecnologias</p>	
<p>Competência específica da BNCC</p> <p>Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas,</p>	<p>Comentário sobre a competência específica da BNCC</p> <p>A competência 5 tem como objetivo principal que os</p>

empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.

estudantes se apropriem da forma de pensar matemática, como ciência com uma forma específica de validar suas conclusões pelo raciocínio lógico-dedutivo. Não se trata de trazer para o Ensino Médio a Matemática formal dedutiva, mas de permitir que os jovens percebam a diferença entre uma dedução originária da observação empírica e uma dedução formal. É importante também verificar que essa competência e suas habilidades não se desenvolvem em separado das demais; ela é um foco a mais de atenção para o ensino em termos de formação dos estudantes, de modo que identifiquem a Matemática diferenciada das demais Ciências. As habilidades para essa competência demandam que o estudante vivencie a investigação, a formulação de hipóteses e a tentativa de validação de suas hipóteses. De certa forma, a proposta é que o estudante do Ensino Médio possa conhecer parte do processo de construção da Matemática, tal qual aconteceu ao longo da história, fruto do pensamento de muitos em diferentes culturas. Um ponto de atenção está no fato de que algumas das habilidades escolhidas pela BNCC (2018) para essa competência remetem a conteúdos muito específicos, de pouca aplicabilidade e de difícil contextualização, mas que, no entanto, favorecem a investigação e a formulação de hipóteses antes de que os estudantes conheçam os conceitos ou a teoria subjacente a esses conteúdos específicos. As habilidades propostas para essa competência possuem níveis diferentes de complexidade cognitiva, desde a identificação de uma propriedade até a investigação completa com dedução de uma regra ou procedimento. Essa competência se relaciona com as Competências Gerais 2, 4, 5 e 7 da BNCC, uma vez que há o incentivo ao exercício da curiosidade intelectual na investigação, neste caso, com maior centralidade no conhecimento matemático. A linguagem e os recursos digitais são ferramentas básicas e essenciais para facilitar a observação de regularidades, expressar ideias e construir argumentos com base em fatos.

Habilidades da BNCC vinculadas à competência específica	
<p>EM13MAT502</p> <p>Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 2º grau do tipo $y = ax^2$.</p>	<p>Objetos do conhecimento</p> <p>Funções polinomiais do 2º grau (função quadrática): gráfico, raízes, pontos de máximo e mínimo, crescimento e decrescimento, concavidade. Gráficos de funções.</p>
<p>Possibilidades para o currículo</p> <p>Novamente, o trabalho conjunto com outras habilidades relacionadas à construção do conceito da função polinomial do 2º grau deve ser levado em consideração, pois agrega diferentes perspectivas que, juntas, compõem o conhecimento necessário ao estudante nesse nível de ensino. Essa habilidade pode ser o início para o desenvolvimento de outras, como a EM13MAT302, que está relacionada à modelagem matemática de funções quadráticas, e a EM13MAT402, voltada para a representação de tais funções. O processo de investigação precede a modelagem e a resolução de problemas, quando o estudante se depara com situações em contextos diversos e precisa observar e analisar relações e construir hipóteses até identificar e generalizar suas ideias por meio de um modelo para a resolução de uma situação.</p>	

Fonte: Instituto Reúna (2020). Adaptação do autor.