

Energia Eólica *Offshore*:

Conceitos Básicos

Parte 02 de 02 – Aspectos Técnicos.

Prof. Dennys Lopes Alves.

Aspectos Técnicos

- *Onshore* × *Offshore*:
 - Rugosidade: a superfície do mar tem baixíssima influência no fluxo no vento (escoamento quase laminar);
 - Turbulência: movimento irregular (tempestades, rajadas de vento, etc.) do fluxo de ar, bem comum em regiões de elevada rugosidade. Como no mar a rugosidade é menor, as turbulências também serão, exceto em caso de fenômenos climatológicos atípicos (ex.: tufões, furacões).

Aspectos Técnicos

- *Onshore* × *Offshore*:

- *Offshore*:

- ✓ Maior potência nominal por turbina. Ex.: 7 MW , 8.25 MW, 10 MW, 15 MW;
- ✓ Custos de manutenção por MW inferiores aos projetos terrestres (pode variar em função das especificidades da instalação).

Aspectos Técnicos

- *Onshore* × *Offshore*:

- *Offshore*:

- ✓ Plantas eólicas com potências significativamente superiores aos projetos terrestres, uma vez que o oceano permite a instalação de equipamentos de maior dimensão (equipamentos de 10 MW, com diâmetro do rotor de 193 m e pás de 94 m, por exemplo).

Aspectos Técnicos

- *Onshore* × *Offshore*:

- *Offshore*:

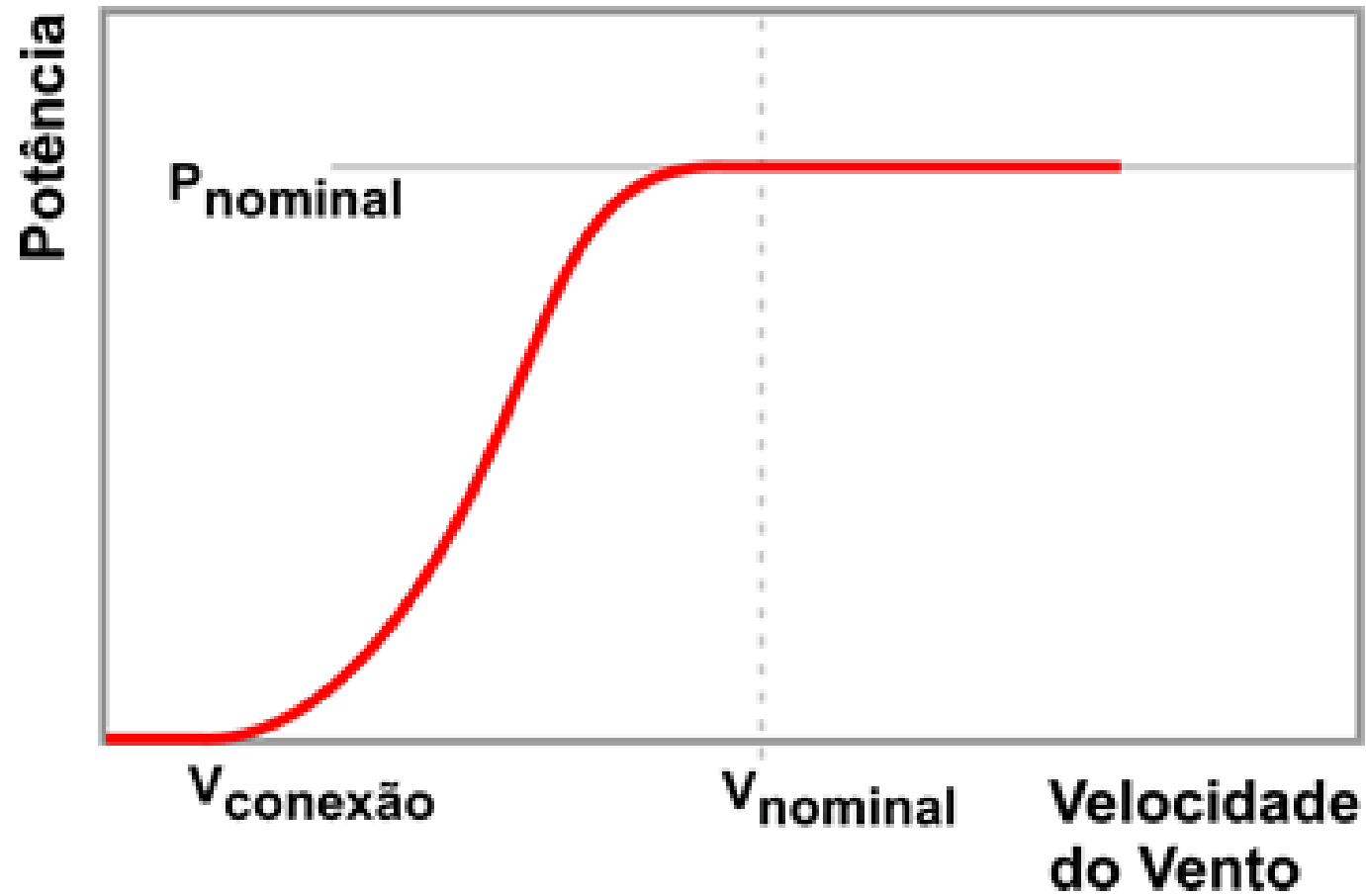
- ✓ No caso do Brasil, demanda um maior detalhamento dos estudos para implantação em razão da “inexperiência” quanto as comportamento das turbinas (projetadas e adaptadas a realidade de outros climas).

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - A geração eólica depende, primordialmente, da força do vento;
 - Além da altura, a área de captação do vento também influencia diretamente.

Aspectos Técnicos

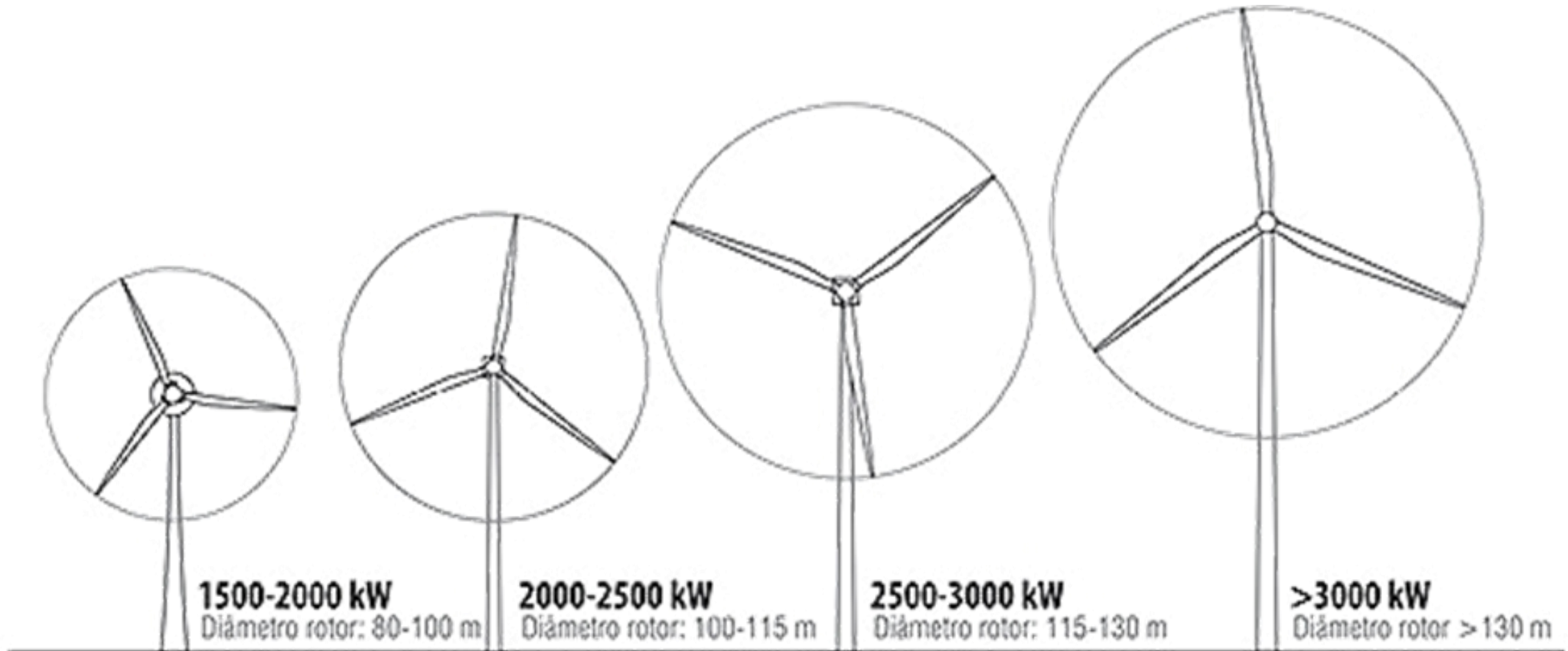
Figura 1: Exemplo de curva de potência de uma turbina eólica.



Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

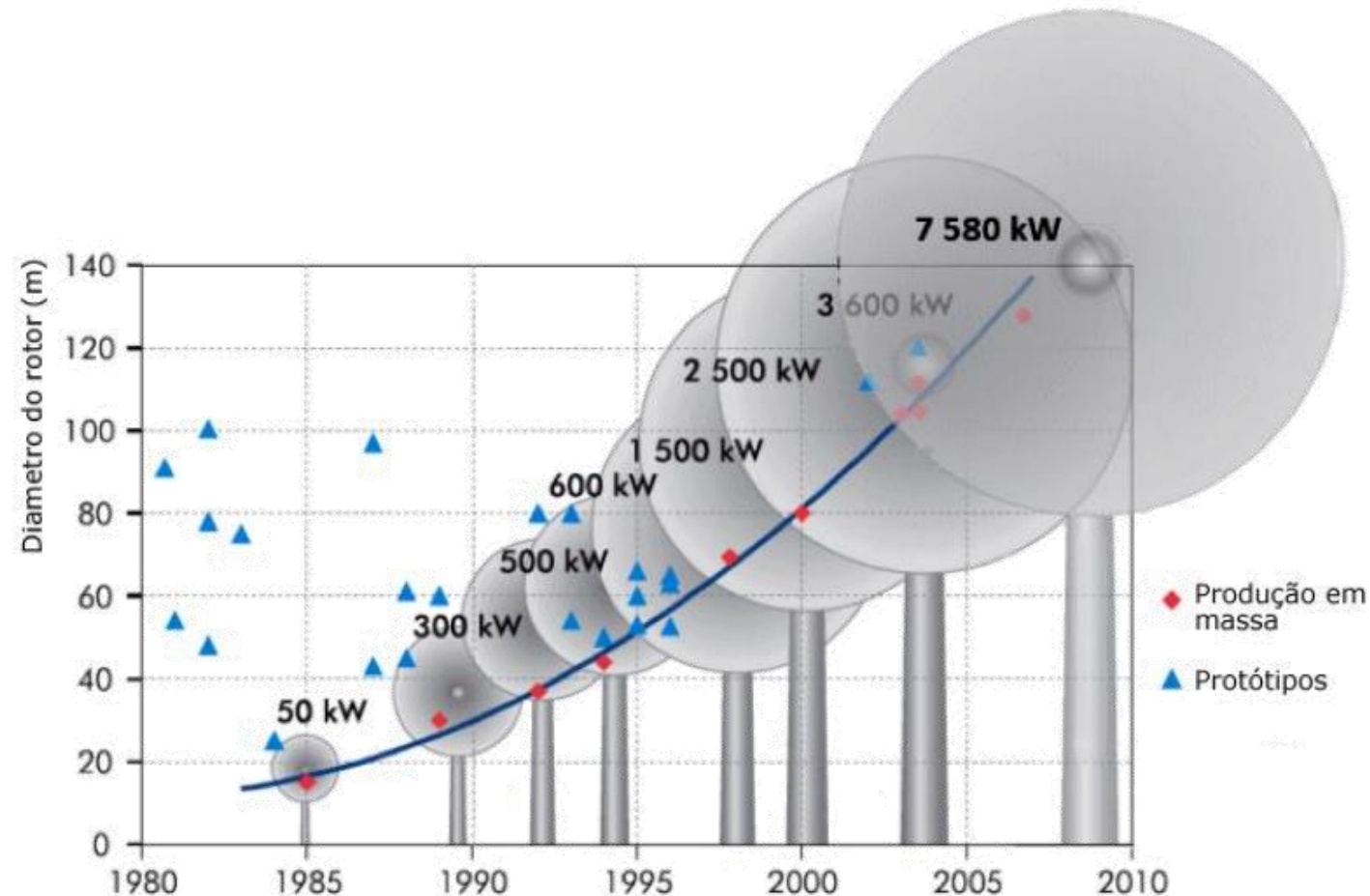
Figura 2: Evolução do diâmetro do rotor em relação a potência nominal da turbina.



Fonte: Disponível em: http://www2.secti.ba.gov.br/atlasWEB/tecnologia_p2.html, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 3: Crescimento do diâmetro do rotor ao longo dos anos.



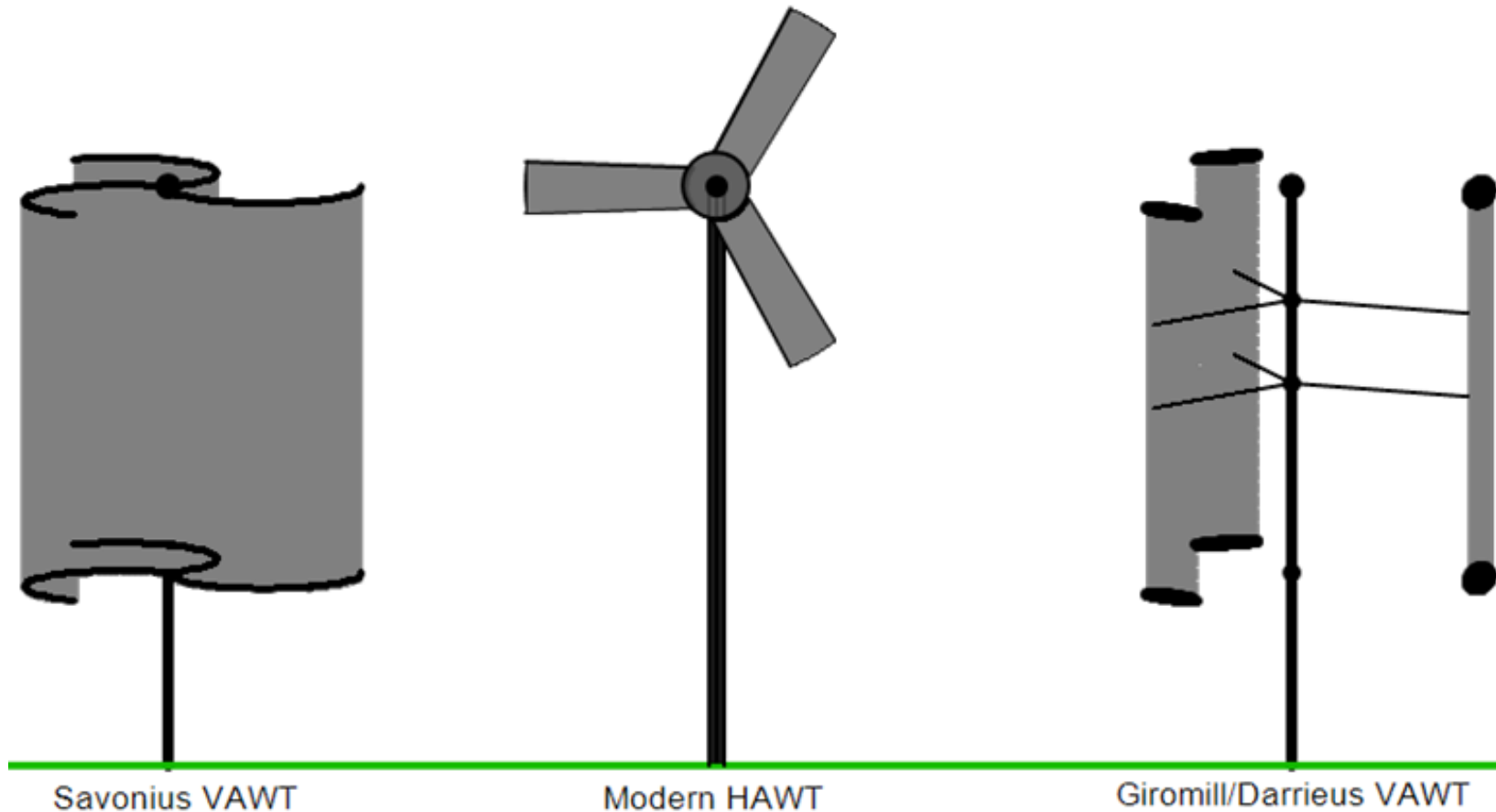
Fonte: Disponível em: <https://windbox.com.br/blog/componentes-dos-aerogeradores/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - As turbinas podem ser classificadas em:
 - ✓ Eixo horizontal;
 - ✓ Eixo vertical (pouco utilizadas em aplicações *offshore*).

Aspectos Técnicos

Figura 4: Turbina eólica de eixo vertical (VAWT) × Turbina eólica de eixo horizontal (HAWT).



Fonte: Disponível em: <https://engenhariae.com.br/editorial/energia-verde/as-turbinas-verticais-sao-o-futuro-da-energia-eolica-offshore>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 5: Exemplo de turbina eólica de eixo vertical em aplicação *offshore*.



Fonte: Disponível em: <https://engenhariae.com.br/editorial/energia-verde/as-turbinas-verticais-sao-o-futuro-da-energia-eolica-offshore>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 6: Exemplo de turbina eólica de eixo vertical (*onshore*).



Fonte: Disponível em: <https://windbox.com.br/blog/componentes-dos-aerogeradores/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 7: Exemplo de turbina eólica de eixo horizontal (*onshore*).



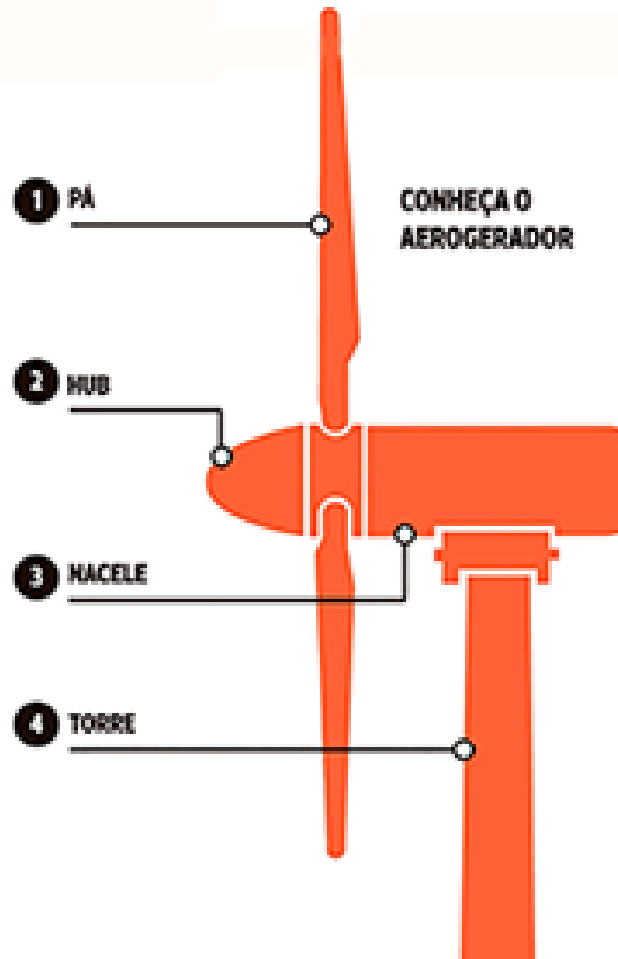
Fonte: Disponível em: <https://windbox.com.br/blog/componentes-dos-aerogeradores/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Elementos estruturais:
 - ✓ Pás;
 - ✓ Nacele;
 - ✓ Eixos (lento e rápido).

Aspectos Técnicos

Figura 8: Elementos básicos do aerogerador.



Fonte: Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/noticias/noticiaid.asp?id=32173>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

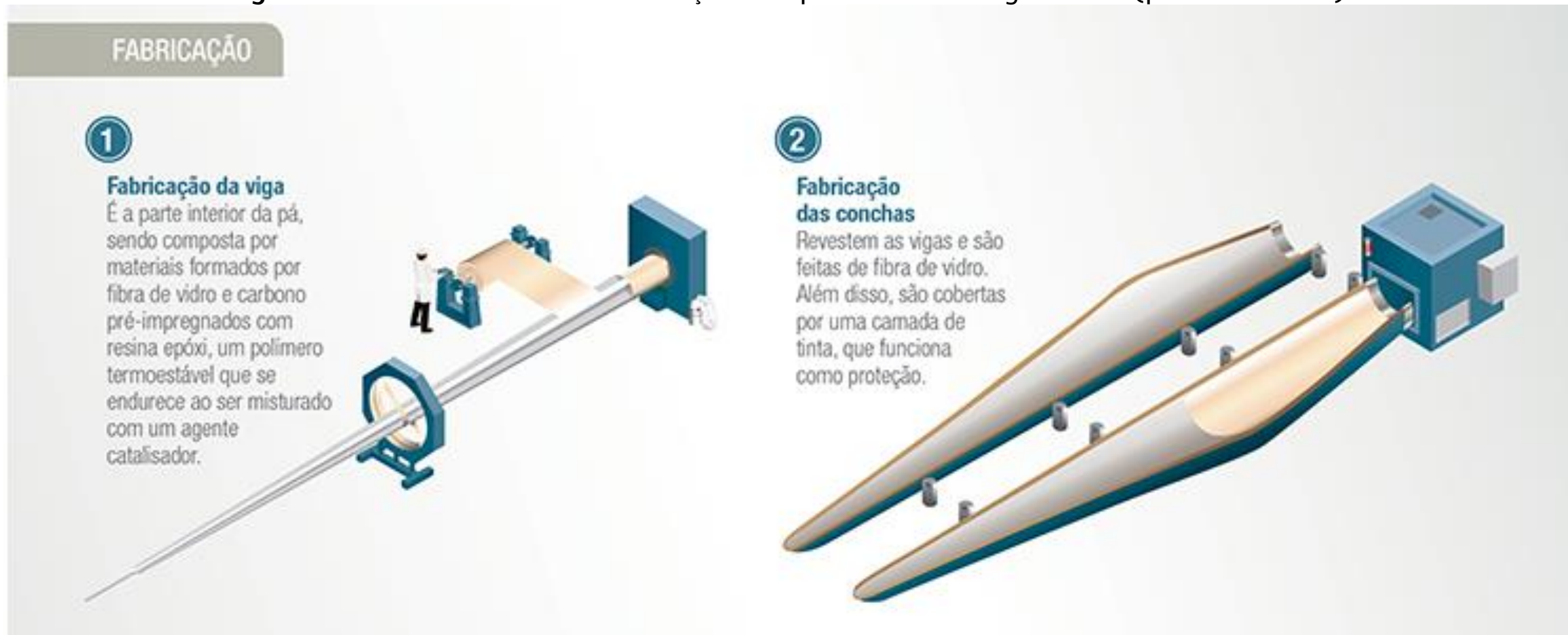
Figura 9: Exemplos de pás de aerogeradores.



Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

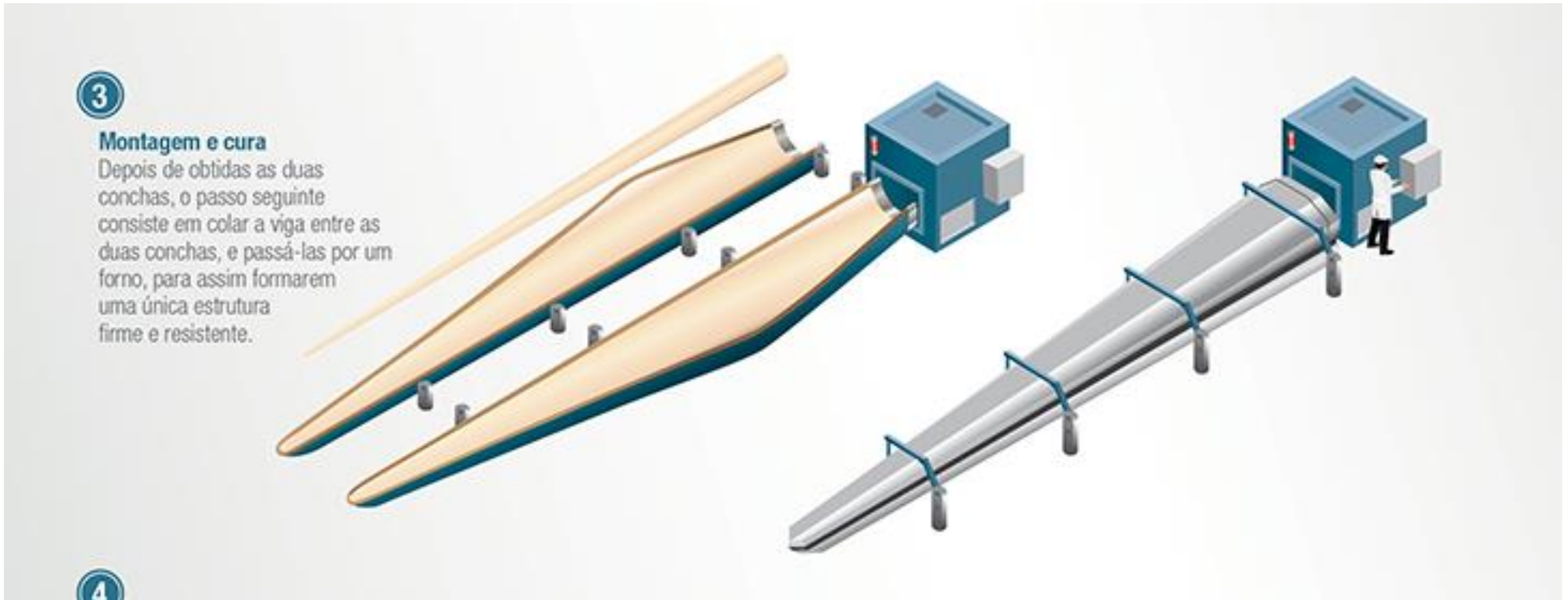
Figura 10: Processo de fabricação da pá de um aerogerador (parte 1 de 3).



Fonte: Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pas-aerogeradores>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 11: Processo de fabricação da pá de um aerogerador (parte 2 de 3).



Fonte: Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pas-aerogeradores>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 12: Processo de fabricação da pá de um aerogerador (parte 3 de 3).



Fonte: Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pas-aerogeradores>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Elementos estruturais:
 - ✓ Conversores;
 - ✓ Transformadores.

Aspectos Técnicos

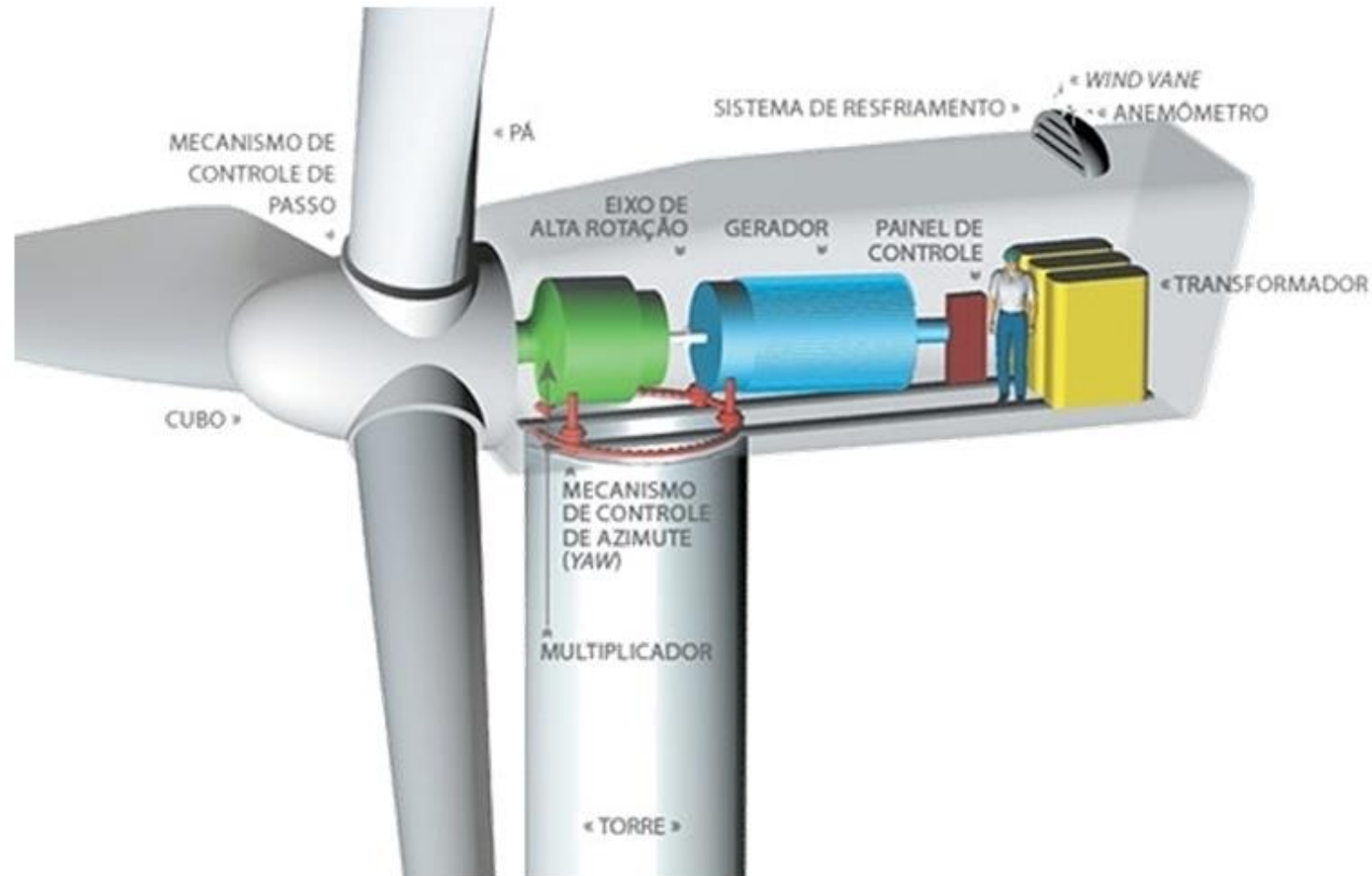
- Introdução:
 - Elementos estruturais:
 - ✓ Sistemas de automação e controle:
 - Permitem realizar diagnósticos remotos, otimizar as operações e fornecem histórico de falhas, facilitando as intervenções de manutenção.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
- Elementos estruturais:
- ✓ Sistemas de automação e controle:
 - *PLC* ou *CLP* – Controlador Lógico Programável;
 - *Scada* – Sistema supervisório.

Aspectos Técnicos

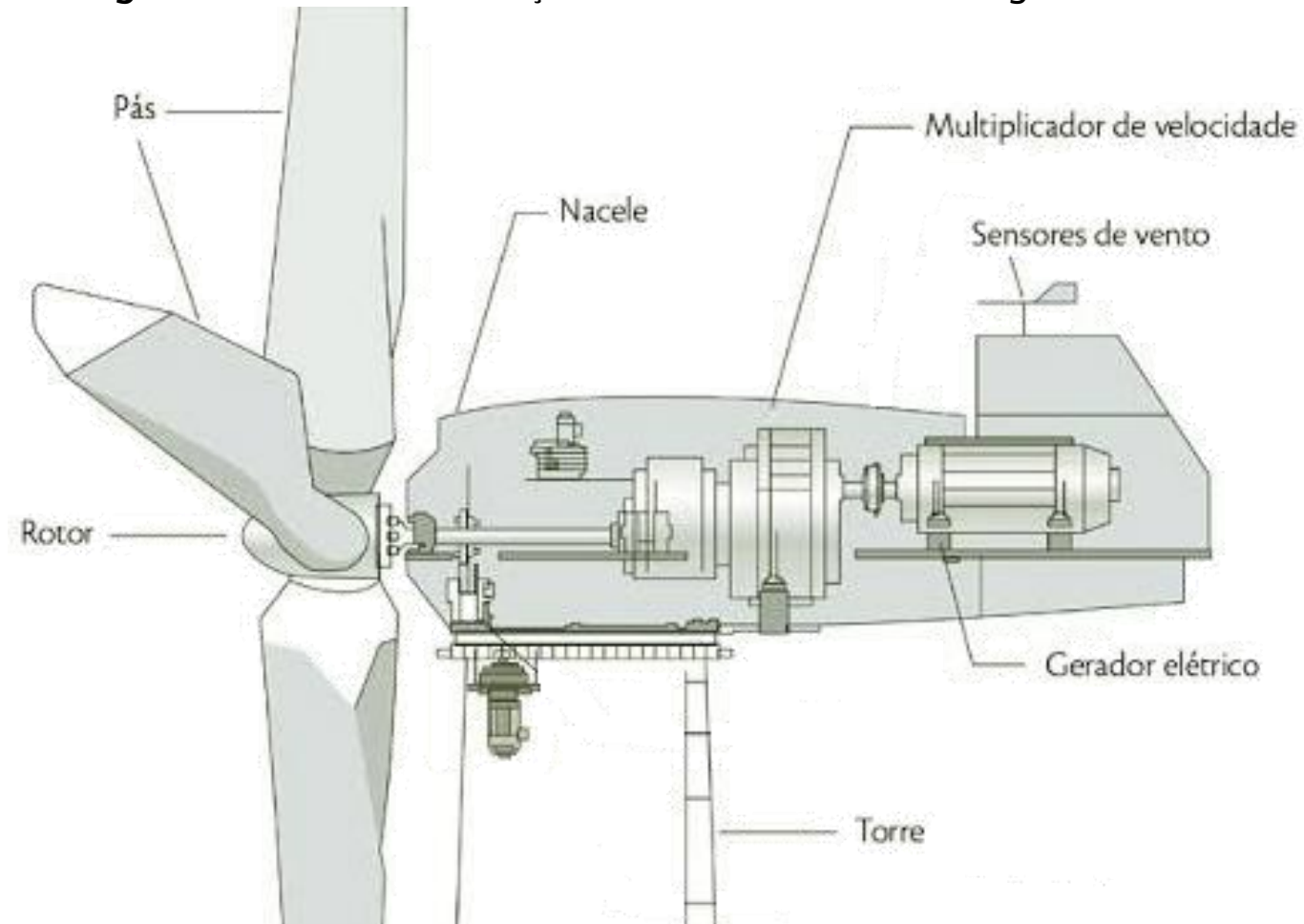
Figura 13: Constituição básica de um aerogerador.



Fonte: Disponível em: http://www2.secti.ba.gov.br/atlasWEB/tecnologia_p2.html, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

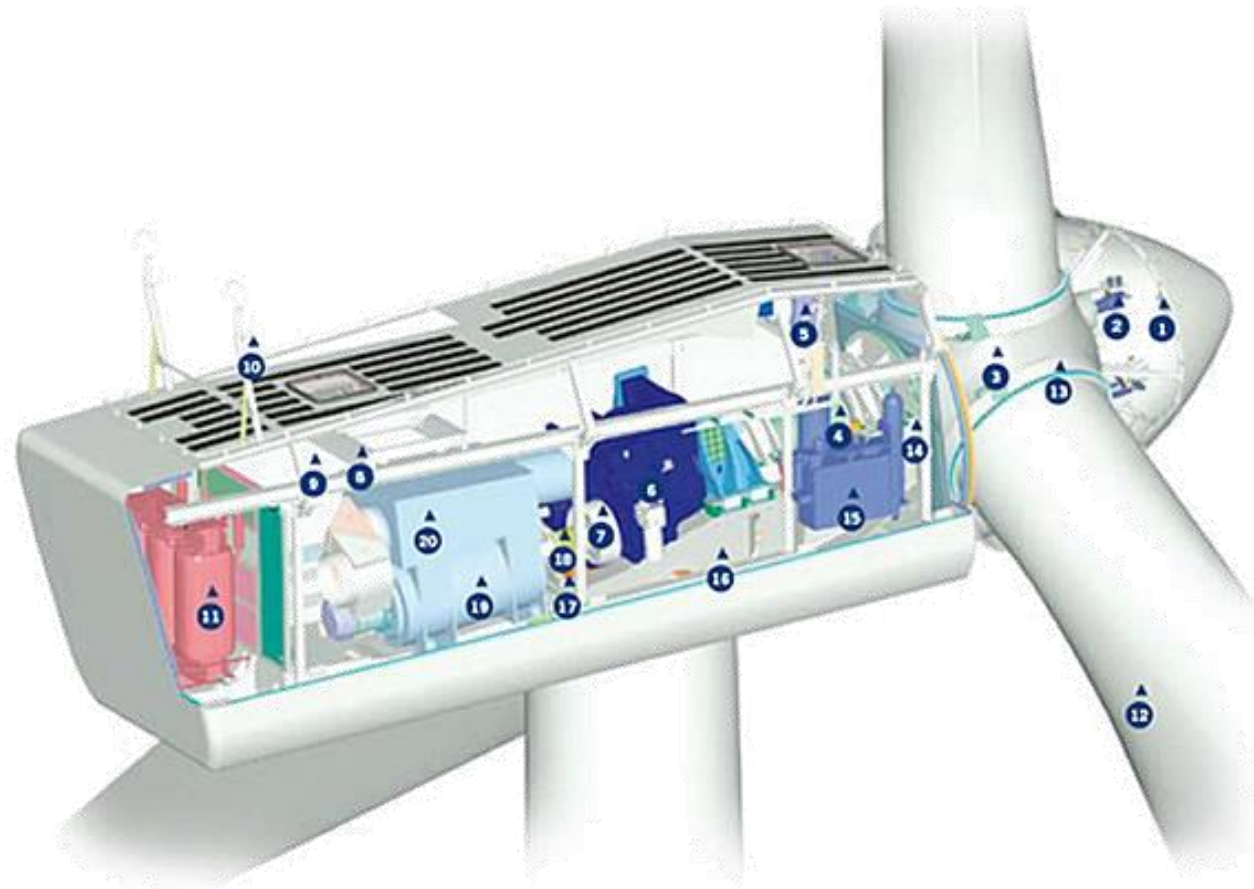
Figura 14: Constituição básica de um aerogerador.



Fonte: Disponível em: <https://windbox.com.br/blog/componentes-dos-aerogeradores/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 15: Constituição básica de um aerogerador.

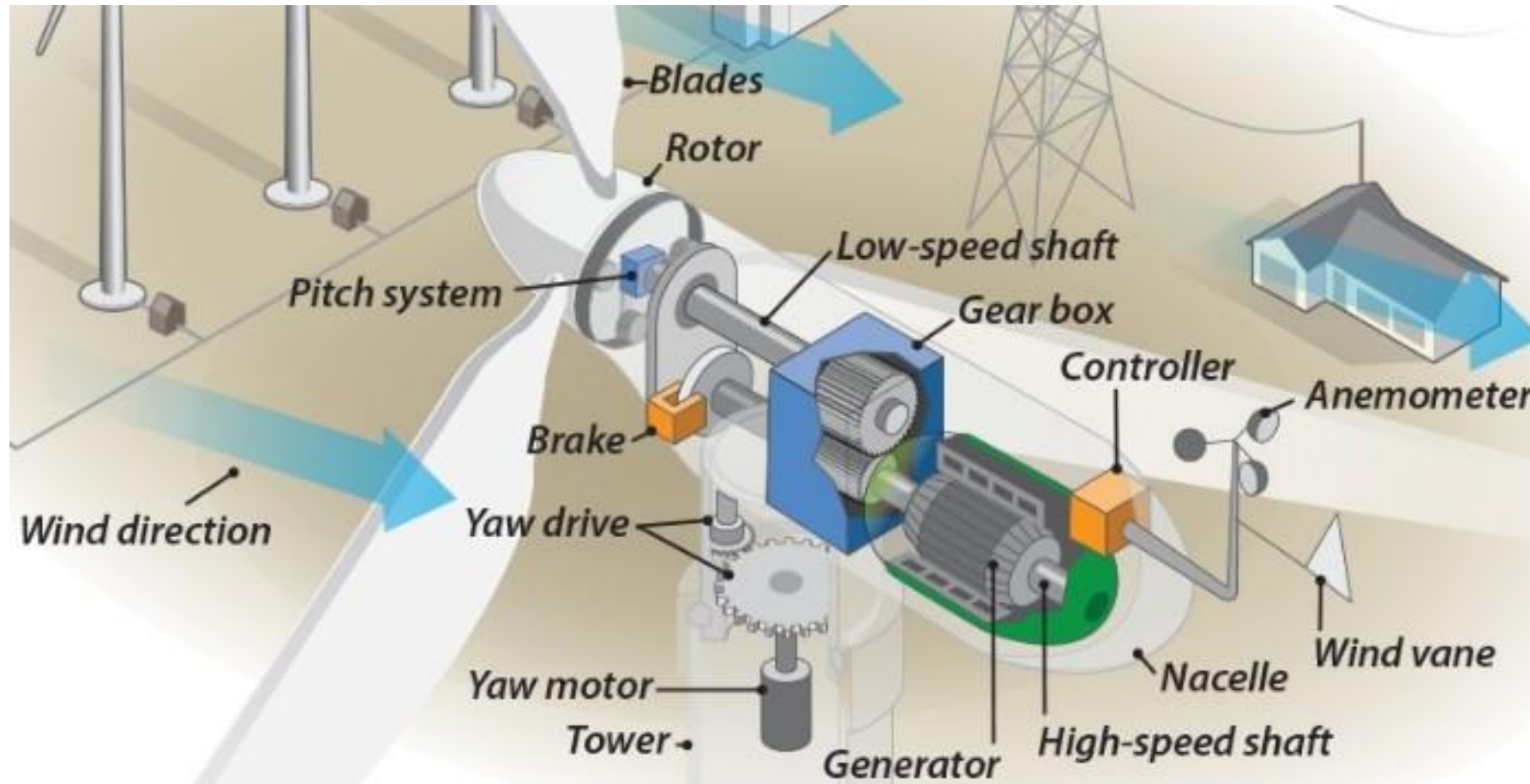


- | | |
|--|--|
| 1 - Controlador do Cubo | 11 - Transformador de alta tensão |
| 2 - Controle <i>pitch</i> | 12 - Pás |
| 3 - Fixação das pás no cubo | 13 - Rolamento das pás |
| 4 - Eixo principal | 14 - Sistema de trava do rotor |
| 5 - Aquecedor de óleo | 15 - Sistema hidráulico |
| 6 - Caixa multiplicadora | 16 - Plataforma da nacele |
| 7 - Sistema de freios | 17 - Motores de posicionamento da nacele |
| 8 - Plataforma de serviços | 18 - Luva de acoplamento |
| 9 - Controladores e Inversores | 19 - Gerador |
| 10 - Sensores de direção e velocidade do vento | 20 - Aquecimento de ar |

Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=13&filter%5B%5D=,
acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

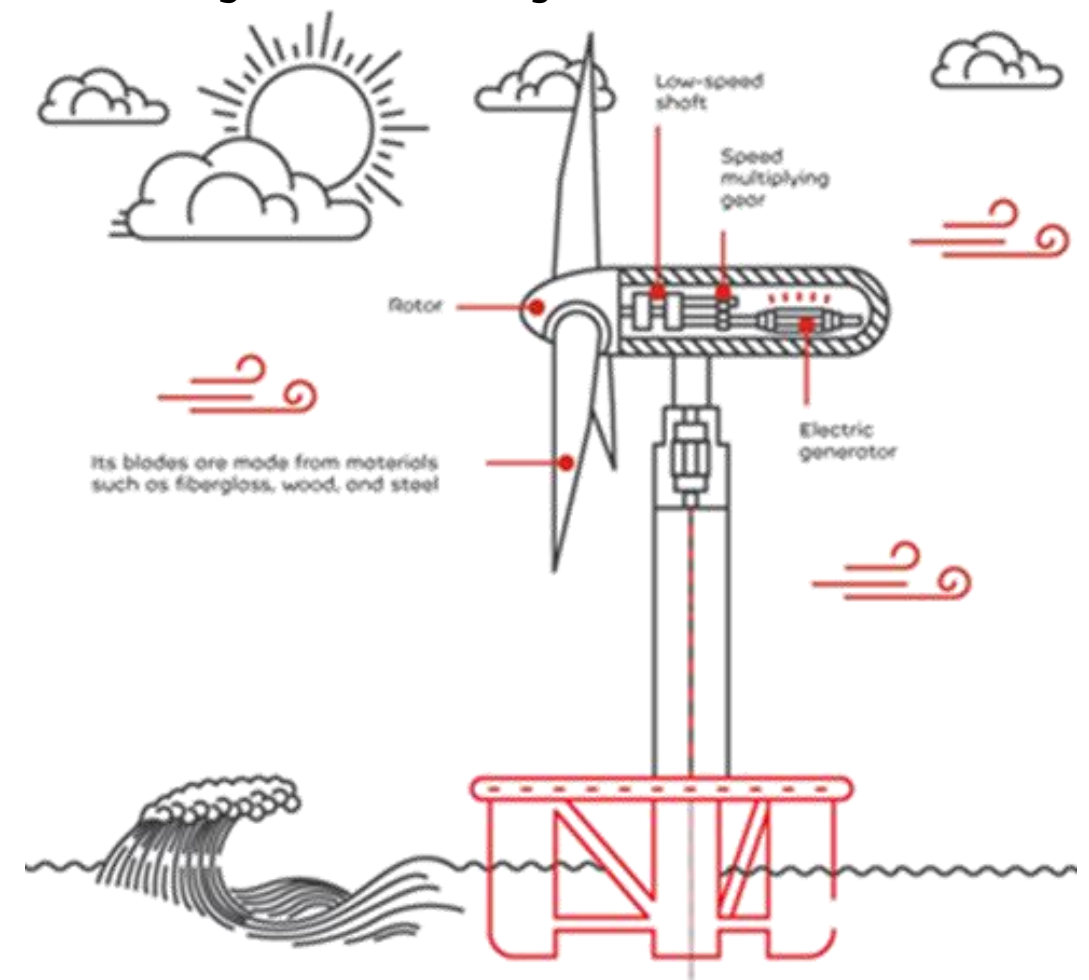
Figura 16: Constituição básica de um aerogerador.



Fonte: Disponível em: <https://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 17: Aerogerador *offshore*.



Fonte: Disponível em: <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/eolicas-em-alto-mar>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Fator de capacidade:
 - Estabelece, durante um período específico de tempo, uma comparação entre a quantidade de energia gerada e o máximo de energia que poderia ter sido gerada, com o gerador em operação contínua e funcionando com sua potência total.

Aspectos Técnicos

- Exemplo turbina *offshore*:
 - *GE Haliade-X*:
 - ✓ Disponível nas potências nominais de 12 MW , 13 MW ou 14 MW;
 - ✓ Fator de capacidade entre 60 – 64%;
 - ✓ Rotor com diâmetro de 220 m;
 - ✓ Pás com comprimento de 107 m;
 - ✓ Altura total: 248 m.

Aspectos Técnicos

- Exemplo turbina *offshore*:
 - *GE Haliade-X*:
 - ✓ Turbina *Haliade-X* 14 MW:
 - Pode gerar até 74 GWh de produção bruta de energia anual (condições do vento no mar do norte da Alemanha);
 - Economiza até 52.000 toneladas de CO₂.

Aspectos Técnicos

Figura 18: Exemplo de uma turbina *offshore*.



Fonte: Disponível em: https://www-ge-com.translate.google.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=nui,sc, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 19: Turbina *GE Haliade-X*.



Fonte: Disponível em: https://www-ge-com.translate.google.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=nui,sc, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 20: Especificação da turbina *GE Haliade-X*.

Especificações técnicas da turbina eólica Haliade-X

| Haliade-X | 12 MW | 13 MW | 14 MW |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Output (MW) | 12 | 13 | 14 |
| Rotor diameter (m) | 220 | 220 | 220 |
| Total height (m) | 248 | 248 | 248 |
| Frequency (Hz) | 50 & 60 | 50 & 60 | 50 & 60 |
| Gross AEP (GWh) | ~68 | ~71 | ~74 |
| Capacity Factor (%) | 63 | 60-64% | 60-64% |
| IEC Wind Class | IB | IC | IC |

Fonte: Disponível em: https://www-ge-com.translate.google.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=nui,sc, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ A força do vento faz as pás girarem (diferenciais *offshore*: ausência de obstáculos, maior velocidade e constância do ar);
 - ✓ As pás são unidas à turbina por meio do cubo, também designado de *hub*.

Aspectos Técnicos

Figura 21: Exemplo de cubo de aerogerador.



Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ O *hub* está ligado ao eixo lento (entre 7 e 12 voltas por minuto), que por sua vez está conectado a *gearbox* (caixa multiplicadora de velocidades);
 - ✓ Existem topologias nas quais não são empregadas caixas multiplicadoras, sendo necessários geradores específicos.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ Caixa multiplicadora aumenta a velocidade (mais de 100 vezes, dependendo da tecnologia);
 - ✓ Na saída da caixa multiplicadora existe o eixo rápido, sendo este último integrado ao gerador de energia elétrica (requisita de altas rotações em seu eixo).

Aspectos Técnicos

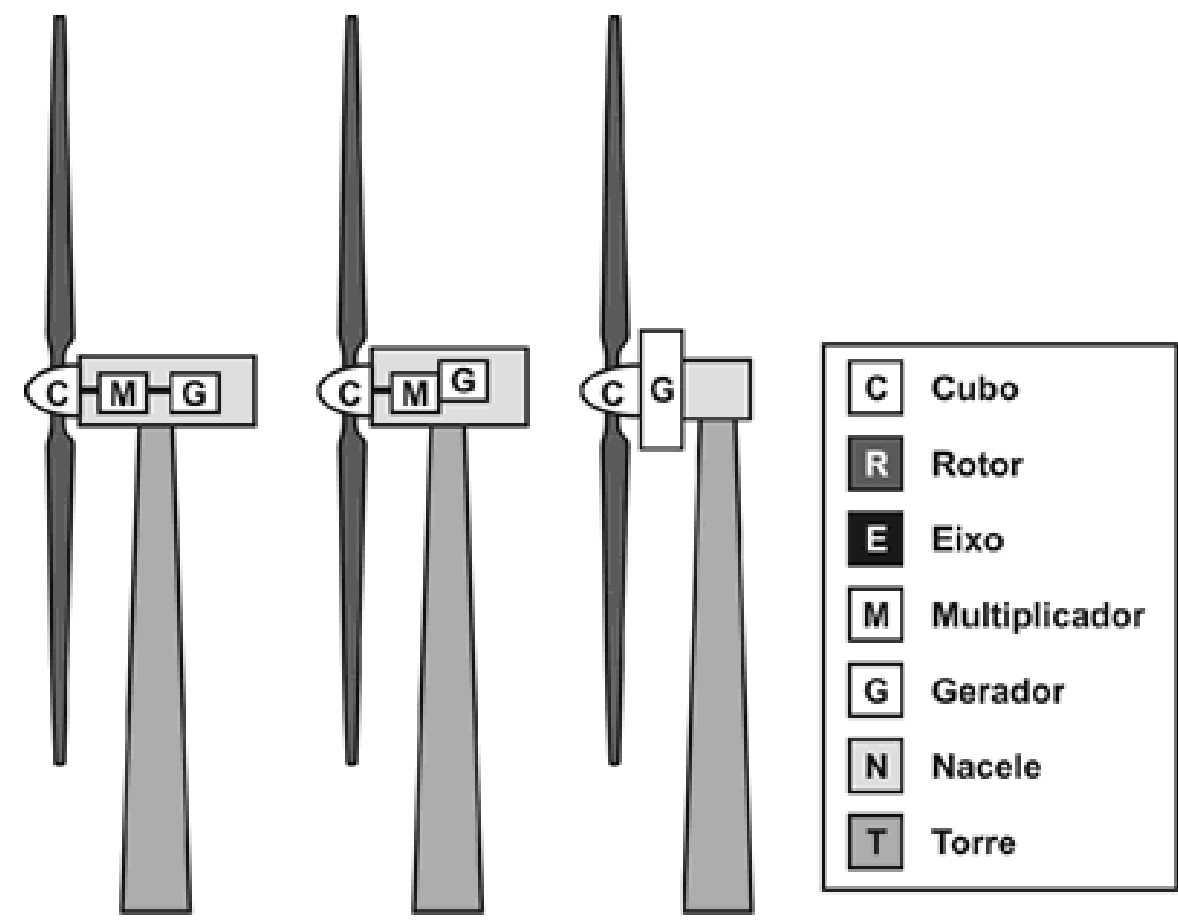
Figura 22: Gerador (lado esquerdo) acoplado a caixa multiplicadora de velocidades (lado direito).



Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

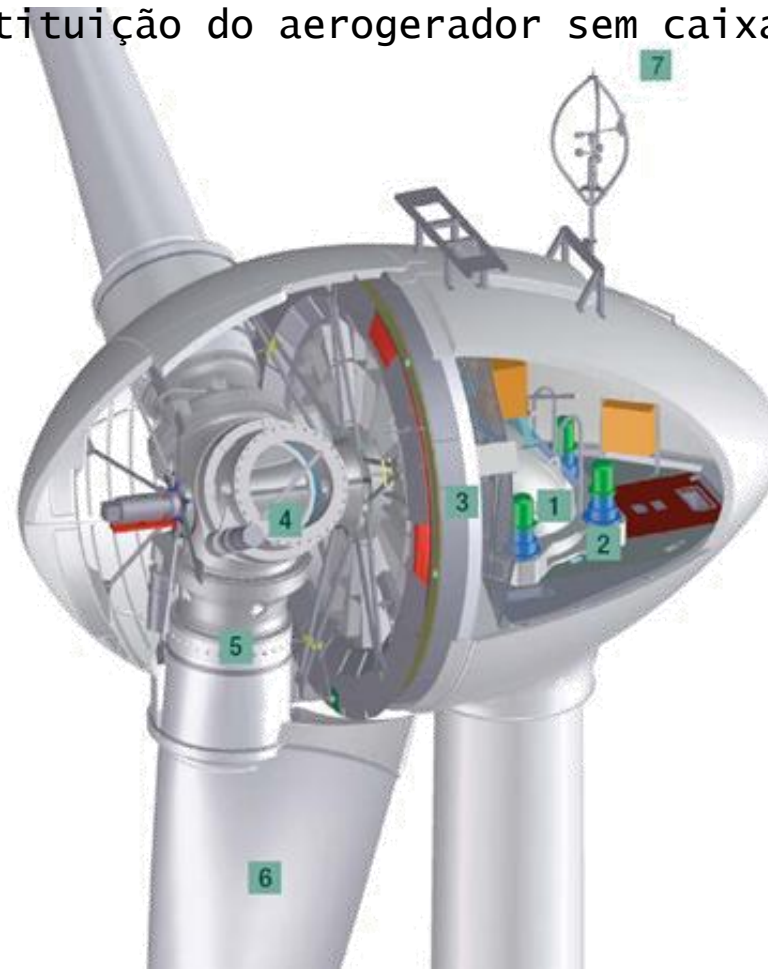
Figura 23: Topologias de aerogeradores.



Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 24: Constituição do aerogerador sem caixa multiplicadora.



1. Apoio principal da nacela
2. Motores de orientação da nacela
3. Gerador em anel (multipolos)
4. Fixador das pás ao eixo
5. Cubo do rotor
6. Pás
7. Sensores de direção e velocidade do vento

Fonte: Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ A energia cinética transmitida ao eixo do gerador é convertida em eletricidade (CC ou CA, dependendo da configuração do sistema);
 - ✓ A energia elétrica é conduzida pelo interior da torre através de cabos.

Aspectos Técnicos

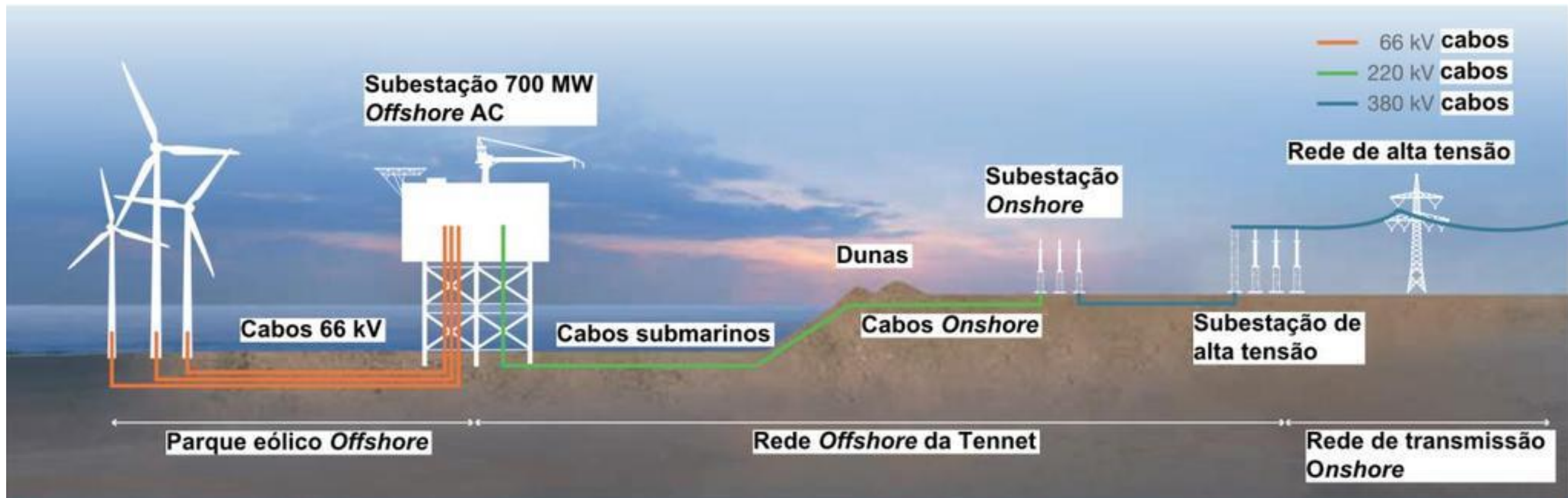
- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ Em caso de geração CC, incorpora-se ao sistema um conversor destinado a convertê-la em CA, para posterior alimentação do primário de um transformador;
 - ✓ Caso contrário, a energia CA proveniente do gerador alimenta diretamente o transformador.

Aspectos Técnicos

- Introdução:
 - Princípio básico de funcionamento:
 - ✓ Em ambos os casos o transformador será elevador (reduzir a perdas associadas ao comprimento dos cabos, por exemplo);
 - ✓ A tensão CA é transmitida através de cabos submarinos até a subestação *offshore*;
 - ✓ A tensão CA é novamente elevada e enviada para subestação *onshore*, para por fim ser injetada na rede de transmissão.

Aspectos Técnicos

Figura 25: Topologia de uma usina eólica *offshore*.



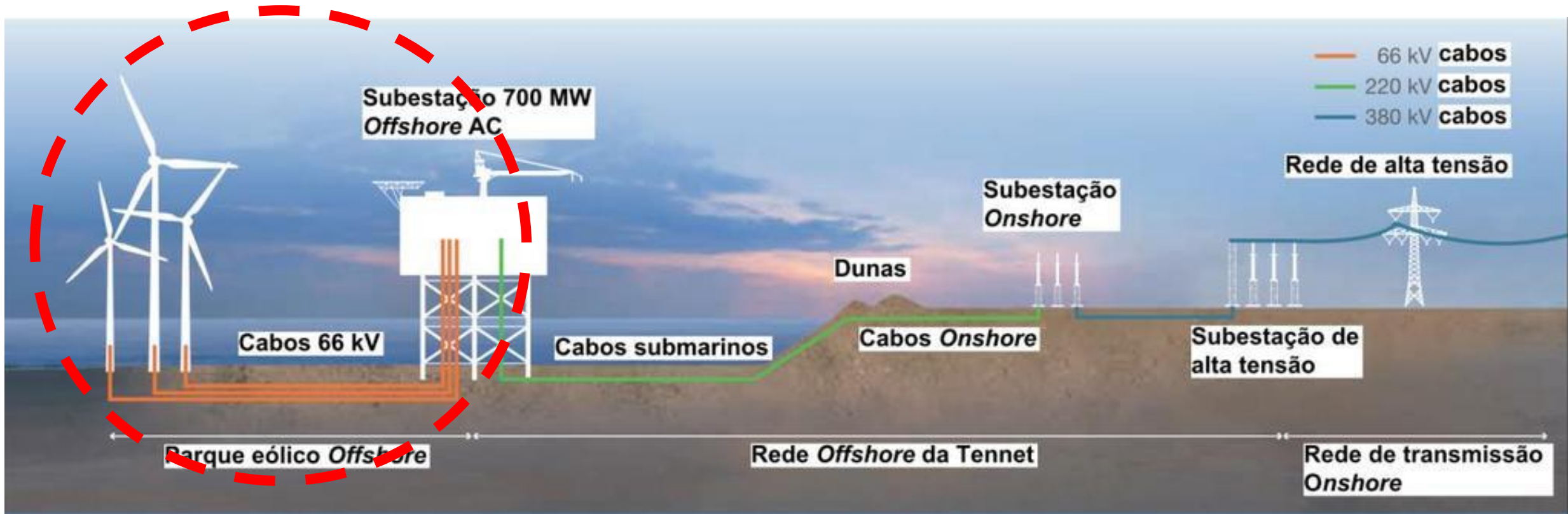
Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/208256354-Centro-universitario-dinamica-das-cataratas-curso-de-engenharia-eletrica.html>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Interligação a rede elétrica:
 - Usualmente é realizadas em três etapas:
 - ✓ Etapa 1 - Subconexões entre o aerogerador e a subestação *offshore*:
 - Ambiente *offshore*;
 - Etapa AC;
 - Elevação primária. Ex.: 138 KV;
 - Utilização de emissários submarinos.

Aspectos Técnicos

Figura 26: Topologia de uma usina eólica *offshore* – Etapa 1.



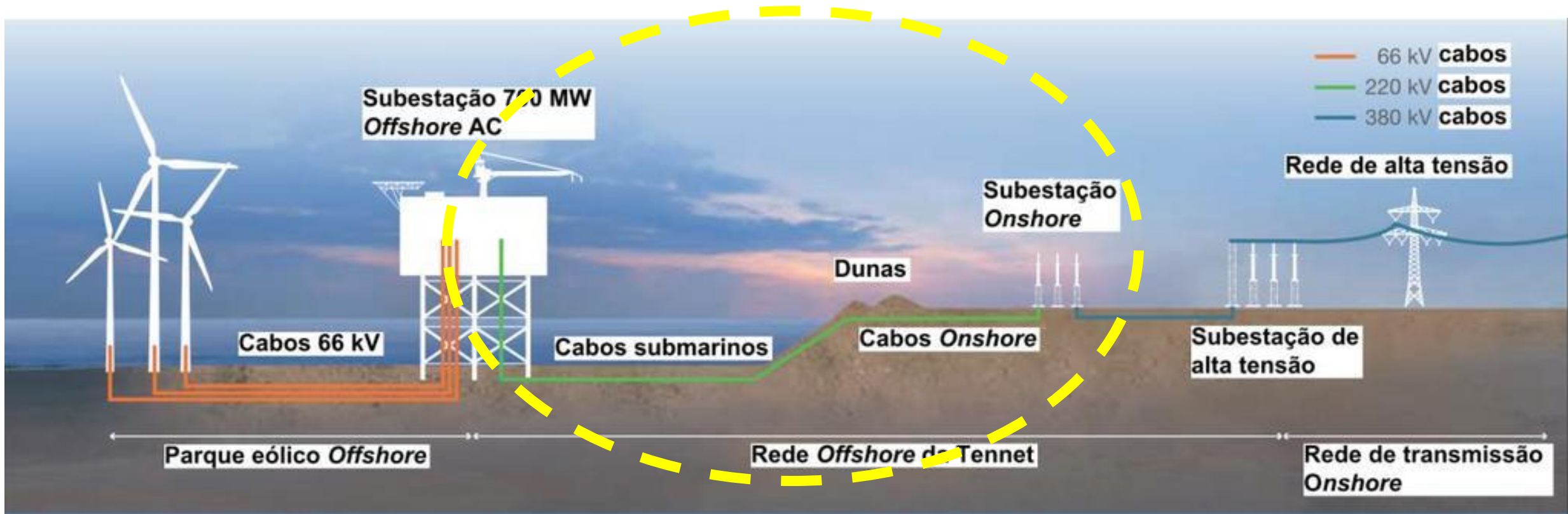
Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/208256354-Centro-universitario-dinamica-das-cataratas-curso-de-engenharia-eletrica.html>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Interligação a rede elétrica:
 - ✓ Etapa 2 - Subconexão da subestação *offshore* até a subestação *onshore*:
 - Ambiente *offshore* até o litoral, na sequência ambiente *onshore* (subestação particular do empreendimento);
 - Etapa AC;
 - Elevação secundária (depende da configuração). Ex.: 138 KV , 230 kV;
 - Utilização de emissários submarinos.

Aspectos Técnicos

Figura 27: Topologia de uma usina eólica *offshore* – Etapa 2.



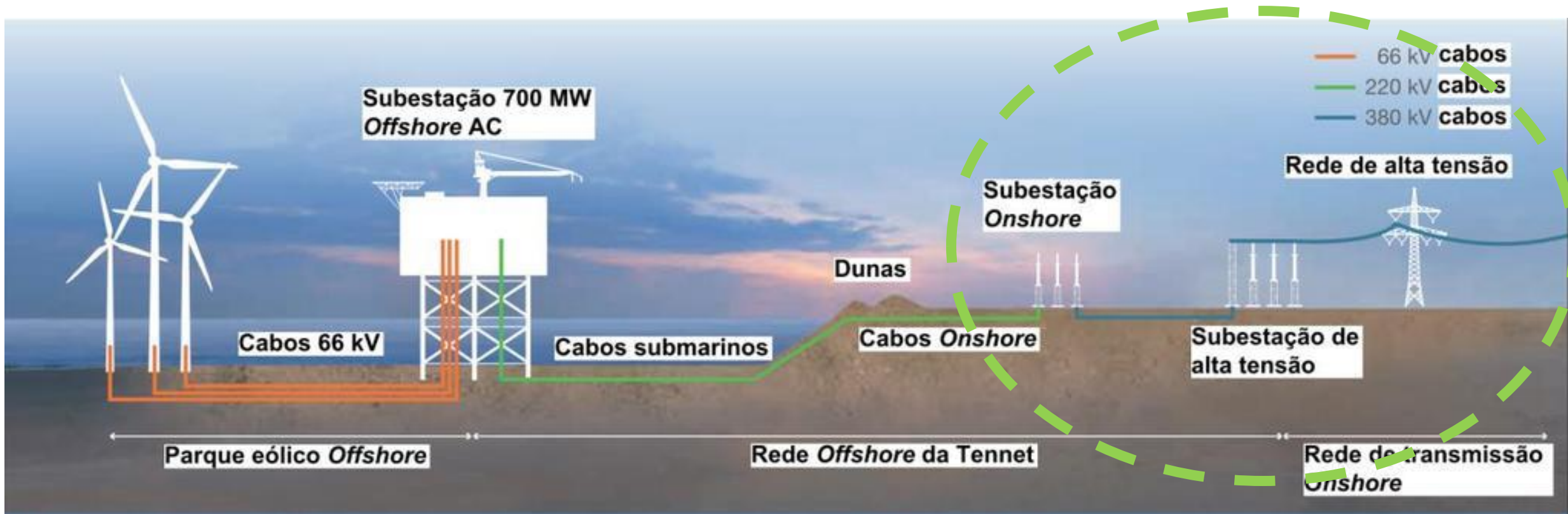
Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/208256354-Centro-universitario-dinamica-das-cataratas-curso-de-engenharia-eletrica.html>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Interligação a rede elétrica:
 - ✓ Etapa 3 – Subconexão da subestação *onshore* até a subestação da concessionária:
 - Ambiente *onshore*;
 - Etapa AC;
 - Elevação final para conexão ao sistema interligado nacional. Ex.: 500 KV.

Aspectos Técnicos

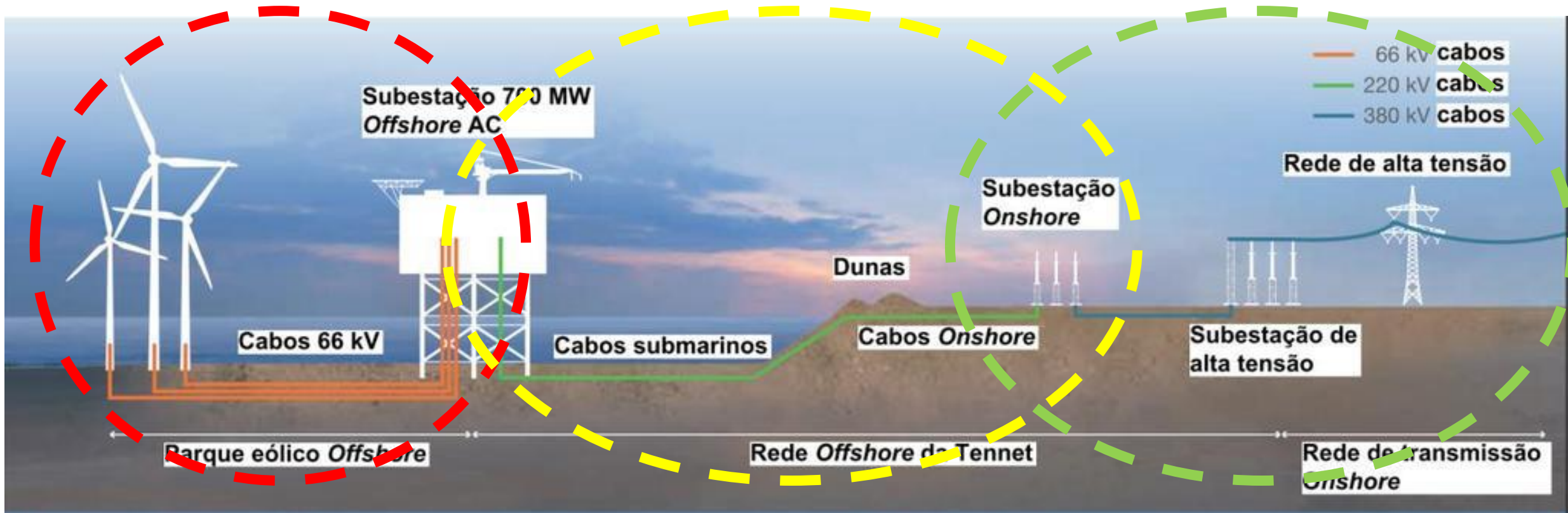
Figura 28: Topologia de uma usina eólica *offshore* – Etapa 3.



Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/208256354-Centro-universitario-dinamica-das-cataratas-curso-de-engenharia-eletrica.html>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 29: Topologia de uma usina eólica *offshore* – 3 Etapas.



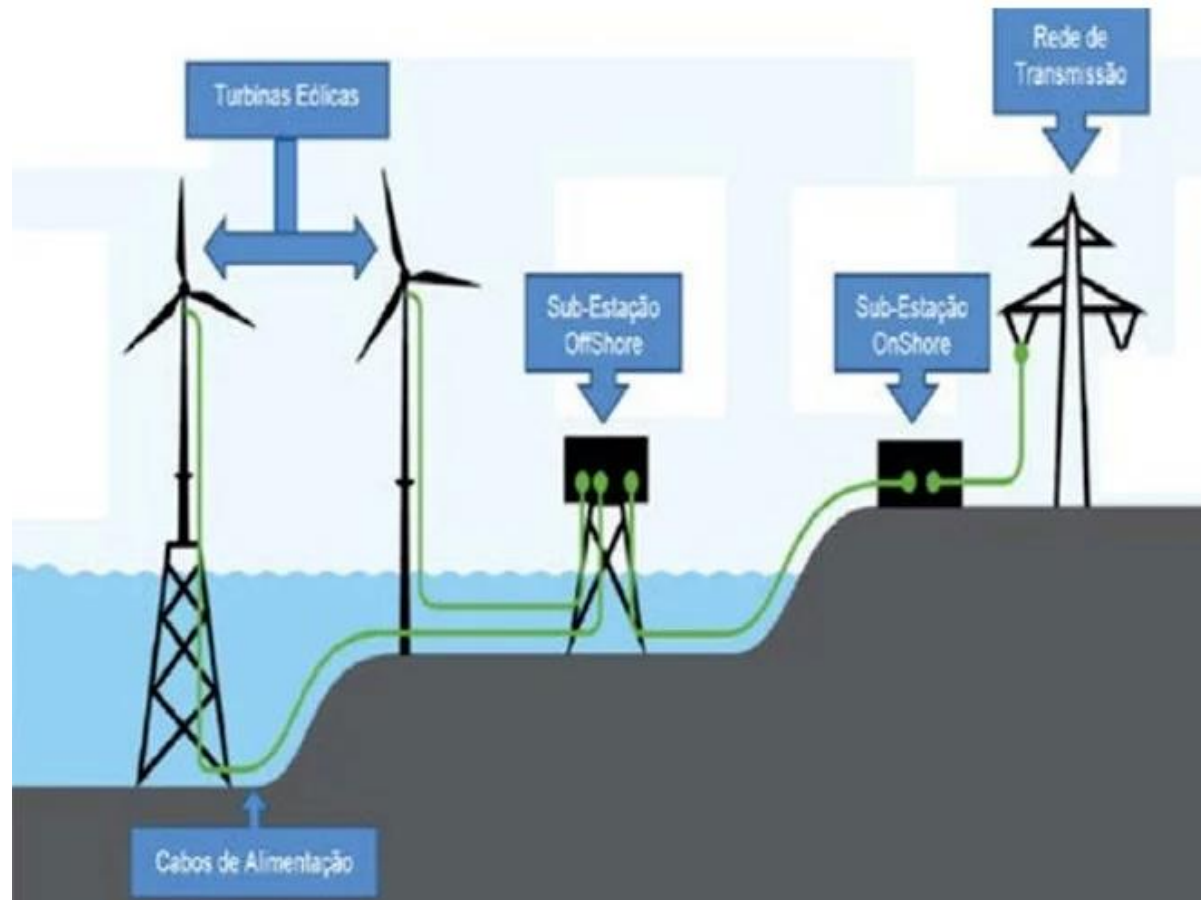
Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/208256354-Centro-universitario-dinamica-das-cataratas-curso-de-engenharia-eletrica.html>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Interligação a rede elétrica:
 - Os valores de tensão informados são meramente ilustrativos;
 - Na prática cada usina eólica terá as suas especificidades em razão da configuração das máquinas, distância, características do SEP onde a usina será interligada, etc.;
 - A interligação ao SIN envolve utilização de linhas de transmissão.

Aspectos Técnicos

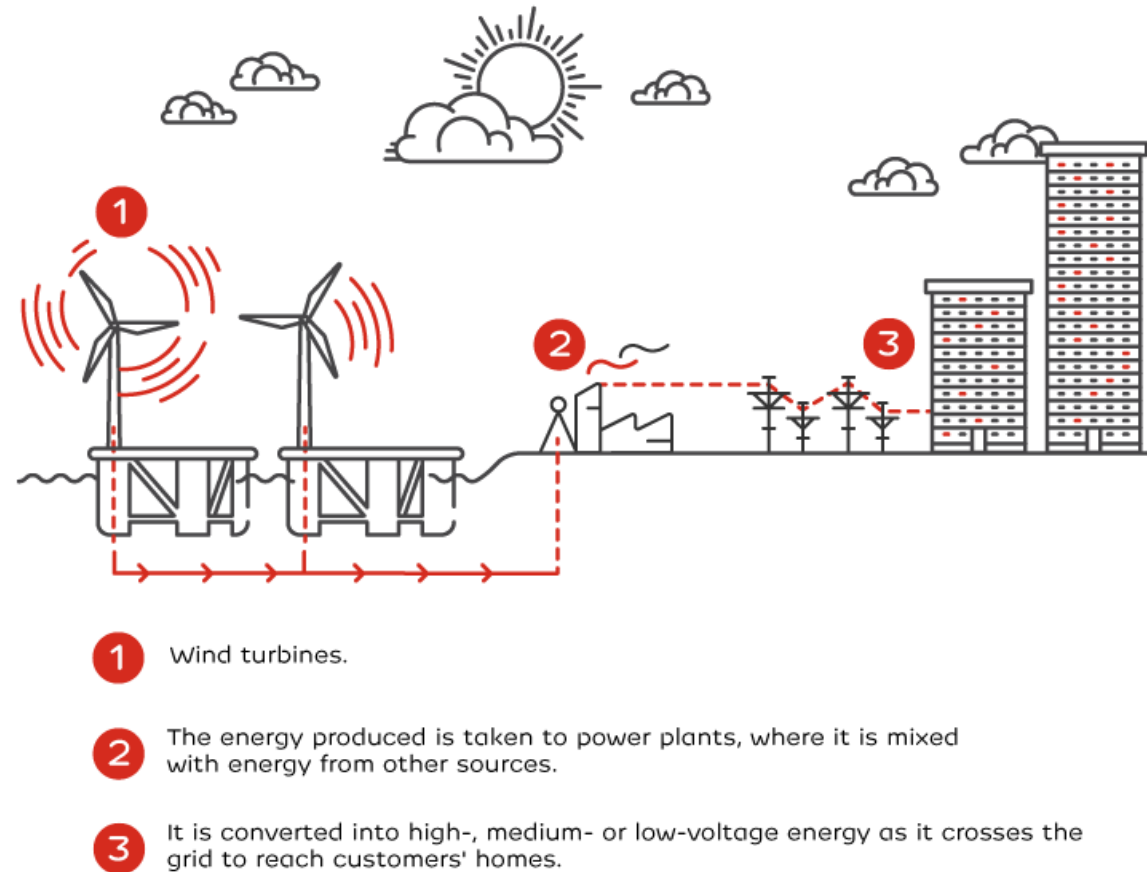
Figura 30: Topologia de uma usina eólica *offshore* com subestação *offshore*.



Fonte: Disponível em: <https://marsemfim.com.br/energia-eolica-no-brasil-o-futuro-esta-no-mar/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

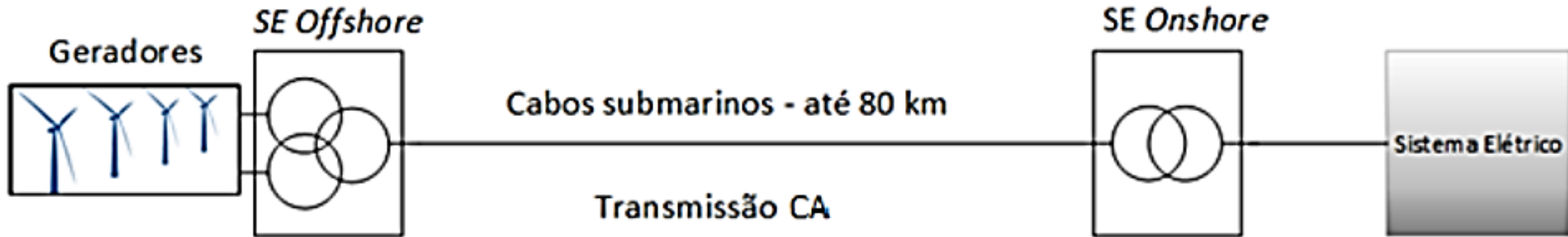
Figura 31: Topologia de uma usina eólica *offshore* sem subestação *offshore*.



Fonte: Disponível em: <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/eolicas-em-alto-mar>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

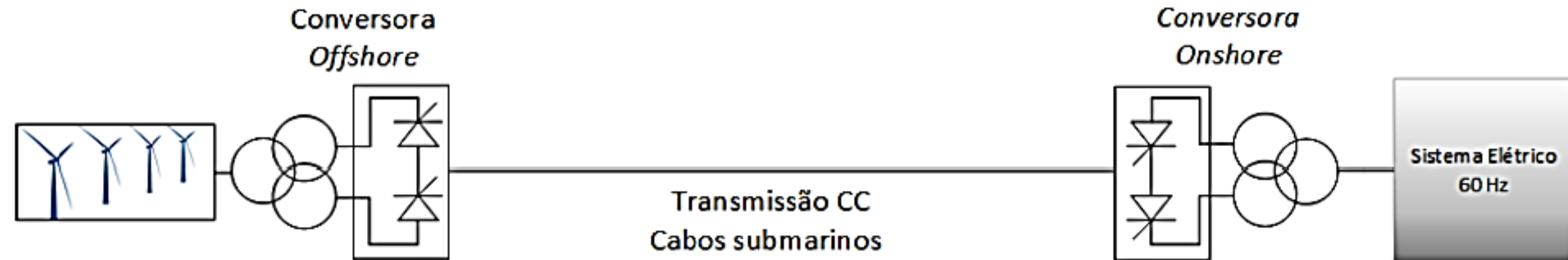
Figura 32: Sistema de transmissão CA dedicado (parques eólicos próximos a costa).



Fonte: Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 33: Sistema de transmissão CC dedicado (parques eólicos distantes da costa).



Fonte: Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- *Offshore* fundação flutuante × *Offshore* fundação fixa:
 - Parques eólicos *offshore* flutuantes, em escala comercial (capacidade na escala de gigawatts), ainda não estão muito disseminados;
 - Estima-se que os parques *offshore* flutuantes têm um custo total três vezes superior ao dos parques *offshore* de fundação fixa (varia em função da literatura consultada).

Aspectos Técnicos

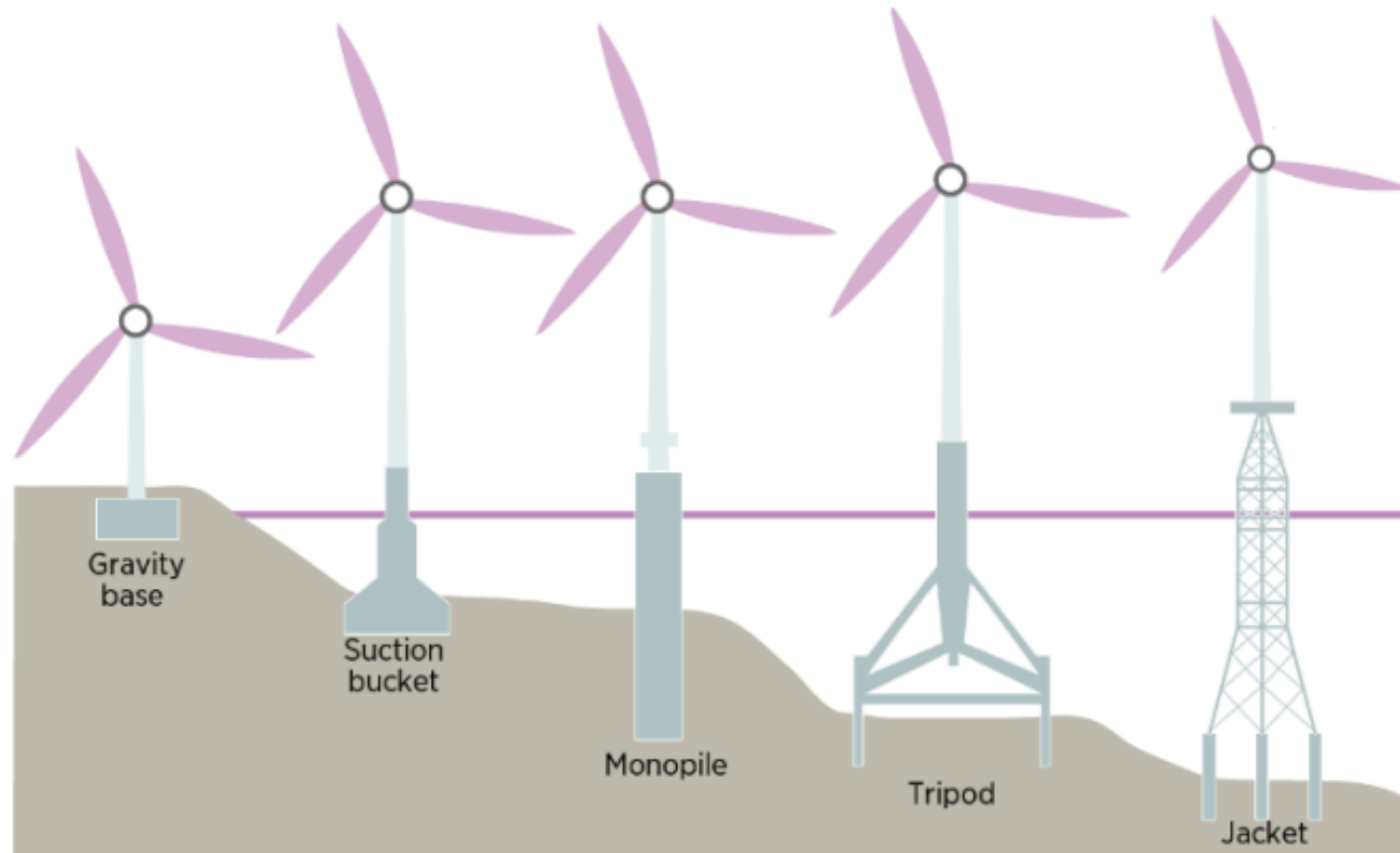
- *Offshore* fundação flutuante × *Offshore* fundação fixa:
 - No caso das *offshores* flutuantes, os prazos e os custos de implantação estão relacionados a experiência da equipe de engenharia (habilidades e experiência acumulada nesta tecnologia), a licenças (legislação ambiental da localidade), e ao tempo estimado de retorno dos investimentos, dentre outras particularidades.

Aspectos Técnicos

- *Offshore* fundação flutuante × *Offshore* fundação fixa:
 - Assim como ocorreu nos parques de fundação fixa, espera-se que o tempo e a experiência reduzam significativamente os custos associados aos parques flutuantes.

Aspectos Técnicos

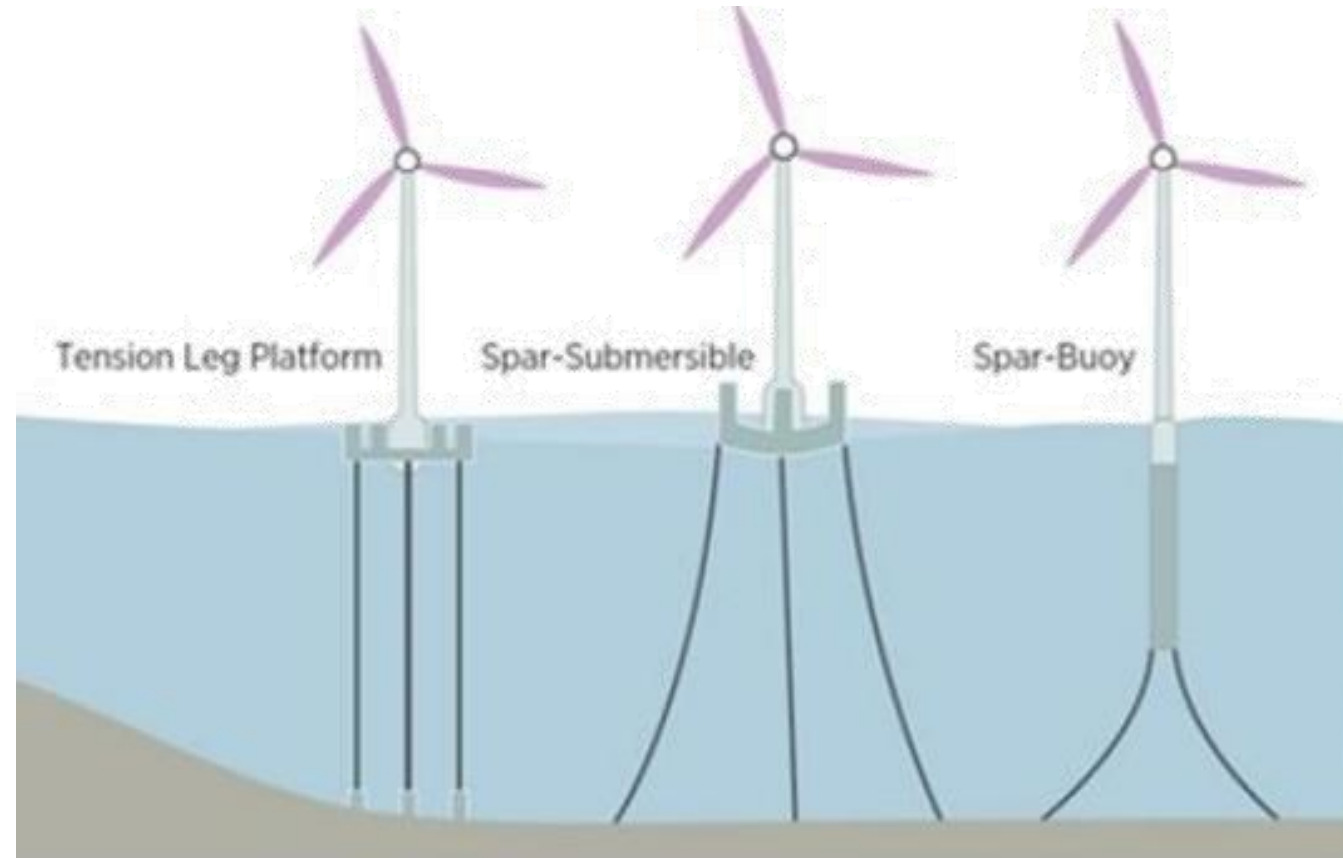
Figura 34: Estruturas *offshore* com fundação fixa.



Fonte: Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

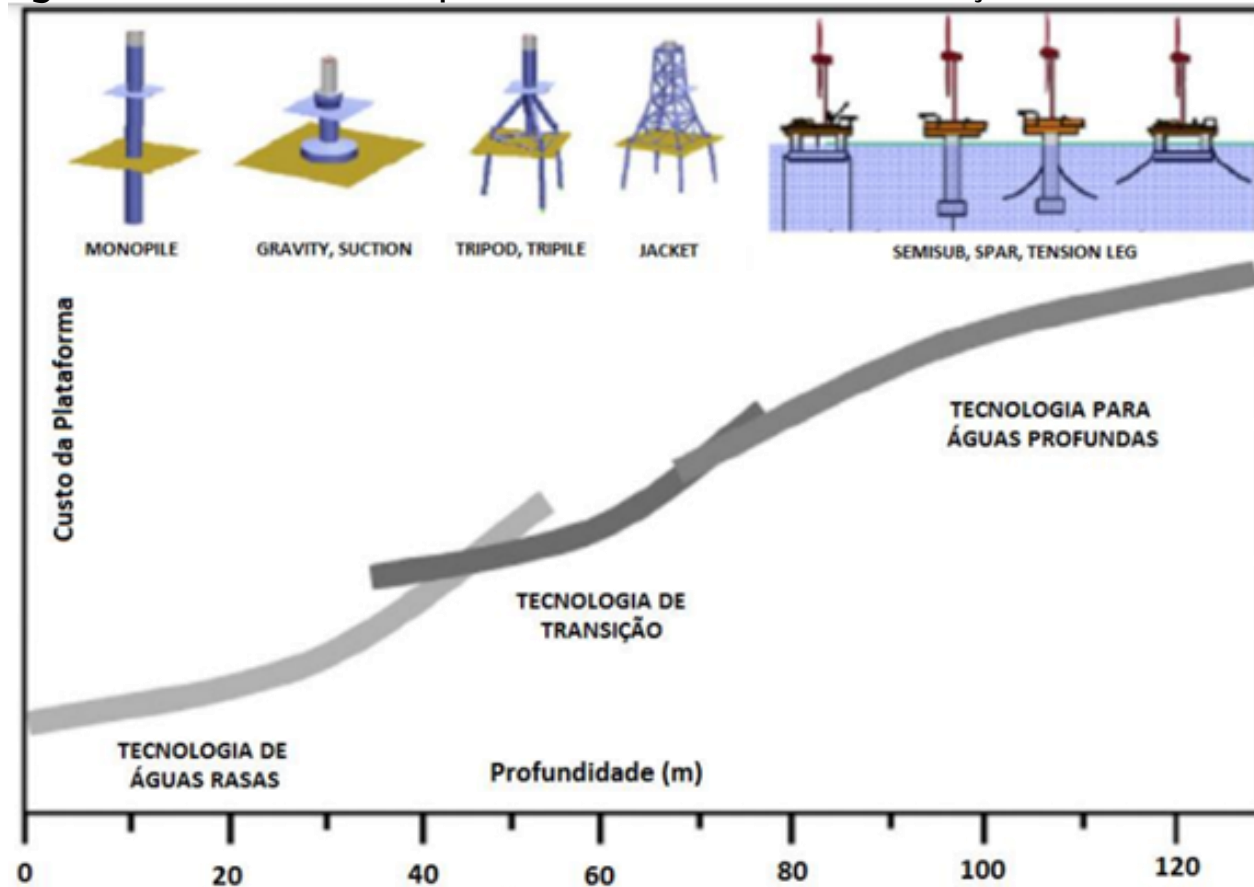
Figura 35: Estruturas *offshore* com fundação flutuante.



Fonte: Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

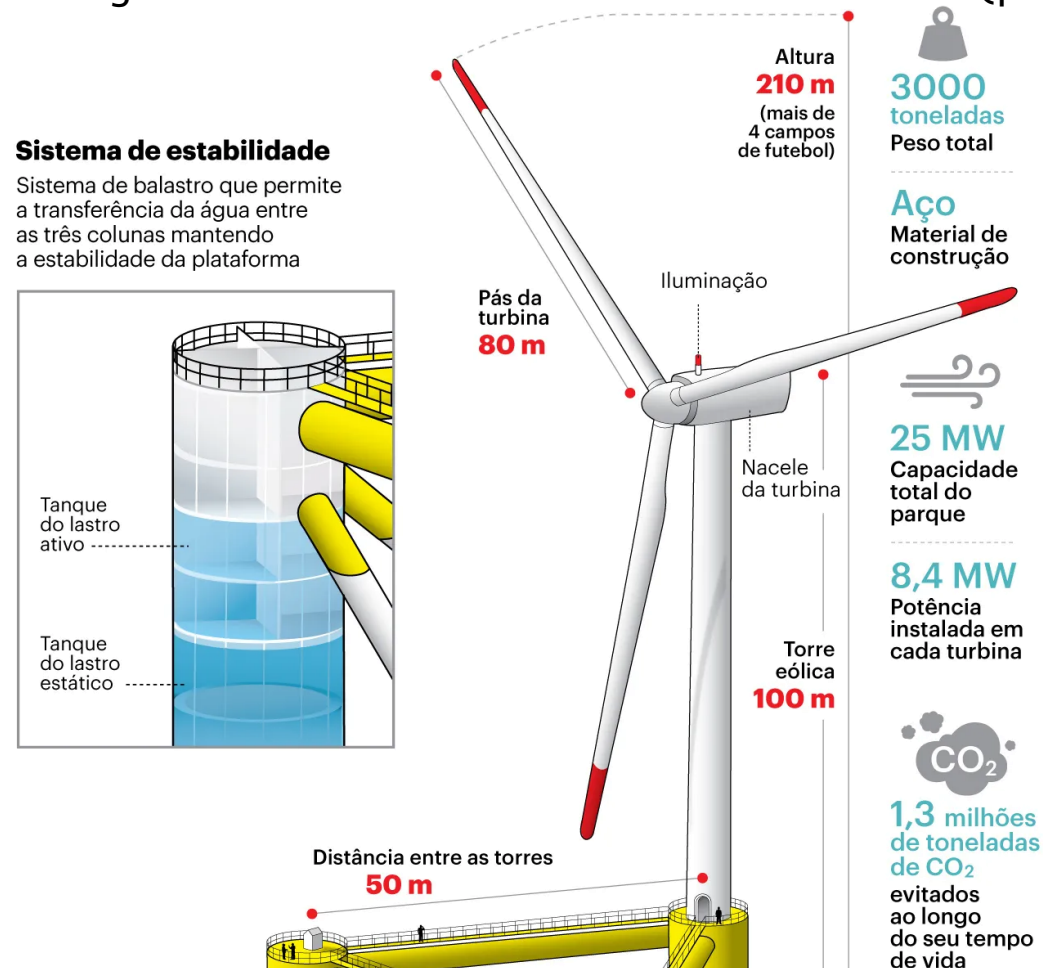
Figura 36: Custo e profundidade das fundações offshore.



Fonte: Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

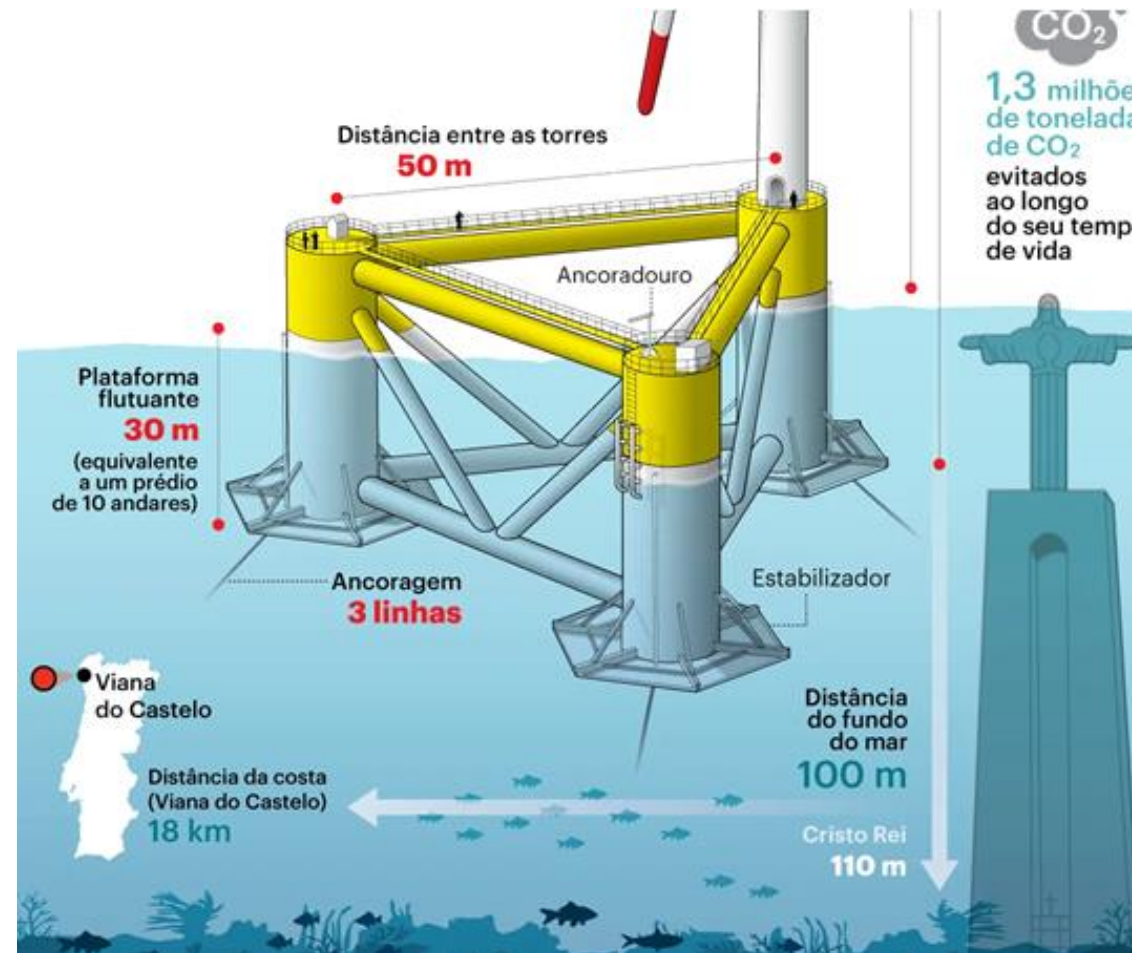
Figura 37: Aerogerador *offshore* com base flutuante (parte 1 de 3).



Fonte: Disponível em: <https://universolambda.com.br/eolica-flutuante/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 38: Aerogerador *offshore* com base flutuante (parte 2 de 3).



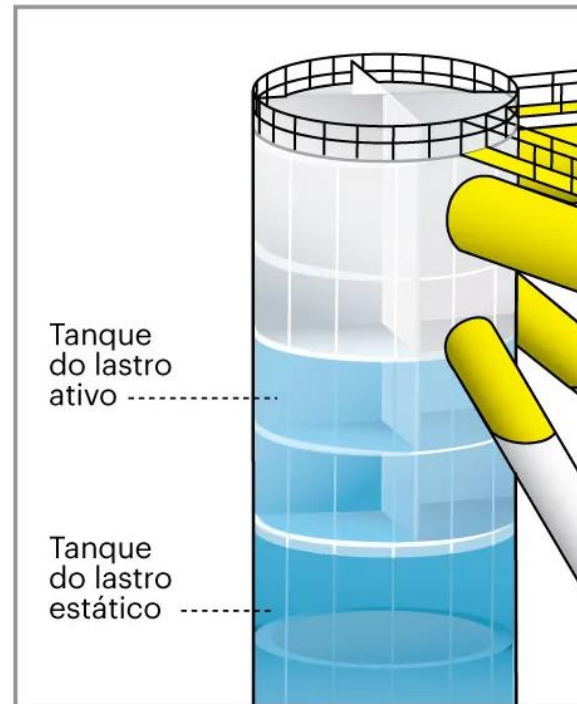
Fonte: Disponível em: <https://universolambda.com.br/eolica-flutuante/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

Figura 39: Aerogerador *offshore* com base flutuante (parte 3 de 3).

Sistema de estabilidade

Sistema de lastro que permite a transferência da água entre as três colunas mantendo a estabilidade da plataforma



Fonte: Disponível em: <https://universolambda.com.br/eolica-flutuante/>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- *Offshore* fundação flutuante × *Offshore* fundação fixa:
 - Para um desenvolvimento mais rápido da *offshore* flutuante, abordagens e técnicas construtivas inovadoras serão necessárias, a fim de otimizar a logística de desenvolvimento e construção para que os custos sejam reduzidos gradualmente ao longo do tempo.

Aspectos Técnicos

- *Offshore* fundação flutuante × *Offshore* fundação fixa:
 - Diferentes locais trazem consigo seus próprios desafios e exigem soluções de engenharia exclusivas, mais ainda no caso da *offshore* flutuante;
 - Cada parque *offshore* flutuante é uma espécie de “protótipo”, requisitando soluções específicas, a fim de tornar seus custos mais competitivos.

Aspectos Técnicos

- Avanços tecnológicos:
 - Desenvolver ferramentas computacionais:
 - ✓ Códigos numéricos destinadas a realizar simulações ainda mais realísticas das condições de operação, estabelecendo as bases para uma avaliação comparativa do desempenho.

Aspectos Técnicos

- Avanços tecnológicos:
 - Reduzir o peso estrutural em novos projetos de turbinas eólicas flutuantes *offshore* – *FOWTs* (*Floating Offshore Wind Turbines*);
 - Projetar *FOWTs* para operar em águas cada vez mais profundas.

Aspectos Técnicos

- Avanços tecnológicos:
 - Inovações técnicas para conceber, projetar e validar novos tipos de sistemas flutuantes;
 - Ampliação do número de parques eólicos comerciais do tipo flutuante.

Aspectos Técnicos

- Avanços tecnológicos:
 - Otimização do *design*;
 - Projeto de sistemas de ancoragem otimizados, construídos com materiais leves e aplicáveis (técnica e financeiramente) em águas profundas.

Aspectos Técnicos

- Avanços tecnológicos:
 - Pás de turbinas *offshore*:
 - ✓ Aprimorar continuamente os procedimentos associados ao teste estático e de fadiga das pás, com o intuito de ampliar as condições operacionais das pás:
 - Resistir às condições de pico de vento;
 - Maximizar o tempo de disponibilidade operativa da pá e por conseguinte aumentar sua vida útil.

Aspectos Técnicos

- Aspectos de engenharia a serem avaliados:
 - Resposta a ondas;
 - Comportamento na presença de cargas de correnteza e vento;
 - Avaliação da estabilidade estática e dinâmica.

Aspectos Técnicos

- Aspectos de engenharia a serem avaliados:
 - Comportamento estrutural das bases, suporte e linhas de ancoragem;
 - Estimar as tensões nas linhas de amarração, cargas estruturais e vibrações.

Aspectos Técnicos

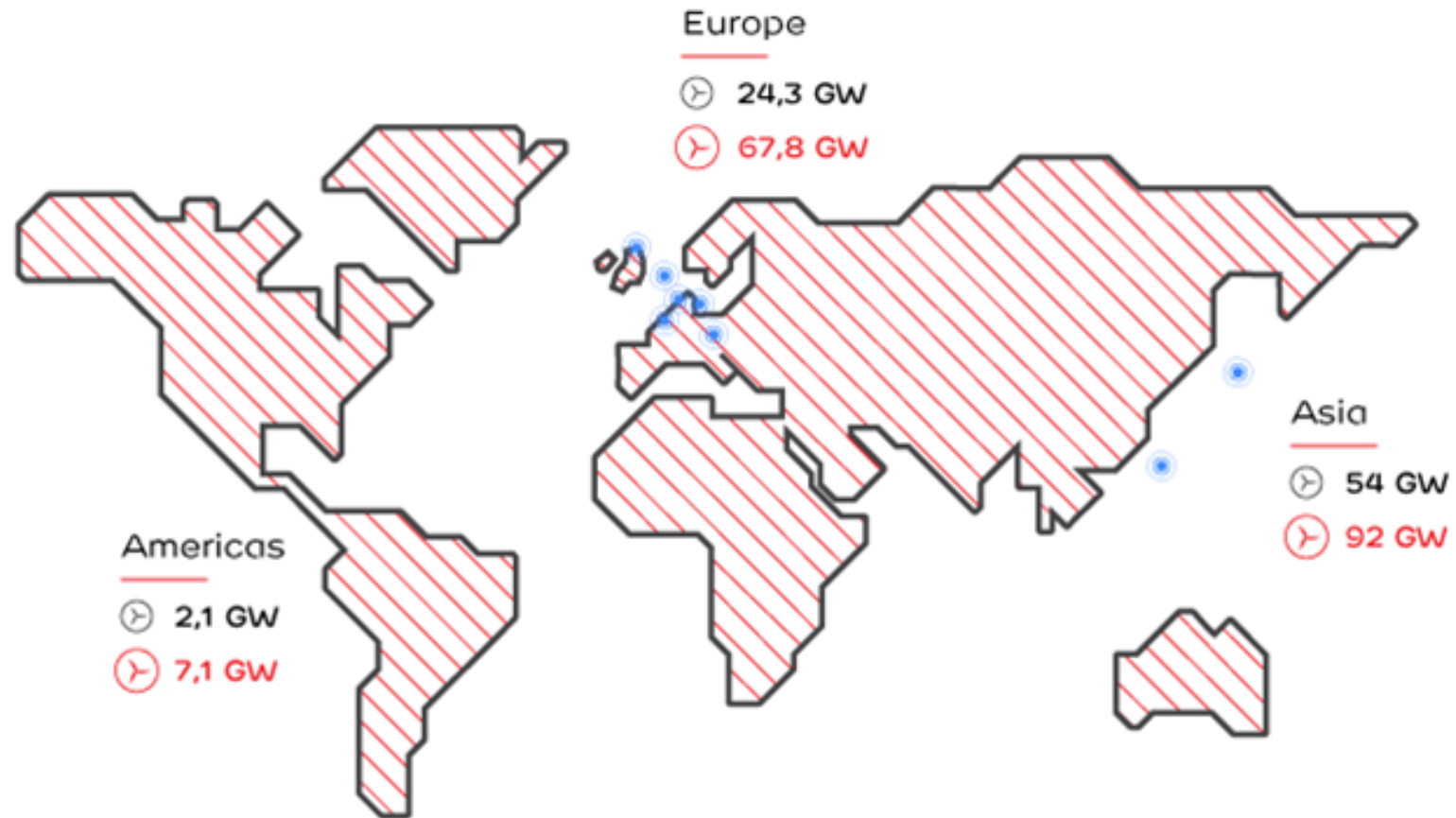
- Aspectos de engenharia a serem avaliados:
 - Modelos hidrodinâmicos para prever as forças das ondas nos flutuadores;
 - Efeitos não lineares envolvidos nas derivas do flutuador;
 - Projeto das amarras.

Aspectos Técnicos

- Perspectivas:
 - Embora pouco explorado e difundido, além de requerer múltiplos estudos de viabilidade técnica e econômica, também é possível criar parques eólicos em massas de água terrestres, tais quais lagos, rios ou outras áreas costeiras.

Aspectos Técnicos

Figura 40: Perspectivas para energia eólica *offshore* no mundo.



• Current offshore wind production vs 2030 (non-cumulative installed capacity)

⌚ Capacity in 2020 ⌚ Capacity in 2030 ⬢ Offshore locations with greater wind power output

Fonte: Disponível em: <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/eolicas-em-alto-mar>, acesso em 20/09/2021.

Aspectos Técnicos

- Conclusões (convite a reflexões):
 - O que pode-se concluir da geração *offshore*?:
 - ✓ Aspectos técnicos;
 - ✓ Aspectos econômicos;
 - ✓ Aspectos ambientais.
 - Vale a pena explorar o mar, se o potencial em terra ainda não foi totalmente explorado?

Referências

- As turbinas verticais são o futuro da energia eólica *offshore*?. Disponível em:
<https://engenhariae.com.br/editorial/energia-verde/as-turbinas-verticais-sao-o-futuro-da-energia-eolica-offshore>. Acesso em: 22 set. 2021.

Referências

- Eólicas em alto mar. Disponível em:
<https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/eolicas-em-alto-mar>. Acesso em: 22 set. 2021.

Referências

- ***GE Renewable Energy. GE's Haliade-X 12 MW, the World's Most Powerful Offshore Wind Turbine, Produces Its First kWh. 2019. Disponível em: <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-haliade-x-12-mw-worlds-most-powerful-offshore-wind-turbine-produces-first-kwh>. Acesso em: 22 set. 2021.***

Referências

- *GE Renewable Energy. Haliade-X offshore wind turbine.* 2019. Disponível em:
<https://www.ge.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine>. Acesso em: 22 set. 2021.

Referências

- **JORNAL DA USP (São Paulo). Com turbinas eólicas *offshore*, Brasil pode se tornar ativo na corrida pela energia limpa. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/com-turbinas-eolicas-offshore-brasil-pode-se-tornar-ativo-na-corrida-pela-energia-limpa/>. Acesso em: 22 set. 2021.**

Contatos

- E-mail:
 - dennys.alves@ifrn.edu.br
- Página profissional:
 - <http://docente.ifrn.edu.br/dennysalves>
- *LinkedIn*:
 - www.linkedin.com/in/dennys-lobes-alves-37981121b

Obrigado a todos pela atenção!