ANDRADE SAFE / PESQUISA & ENGENHARIA

Hidrogênio verde no Pecém.

645 MW de demanda elétrica, eletrólise, balanços de água e síntese de amônia.

645 MW

demanda contratada — não capacidade dos eletrolisadores

PROMPT MESTRE AUTOCONTIDO • 109 INSTRUÇÕES

Artigos integrais PT-BR / EN / ES · 30 recursos gráficos · laboratório interativo · validação e SEO

Data editorial: 15/11/2026 | Status: pacote para publicação; não publicado

Versão editorial: 15/11/2026
Edição: Energia / Engenharia Mecânica · estudo de caso
Status: arquivos preparados, NÃO publicados
Destinatário: Sites / Work — executar e validar as páginas no blog existente
Idiomas obrigatórios: PT-BR, EN e ES

Objetivo de publicação

Transformar a autorização de acesso elétrico de Pecém VDB 1 em conteúdo técnico de alta qualidade sobre conexão à Rede Básica, potência versus energia, eletrólise, balanços, disponibilidade, recursos hídricos e fabricação de amônia. O texto trata de decisões de engenharia e não de propaganda de investimento. **Nenhum cálculo é previsão de produção da empresa.**

Fatos oficiais inegociáveis

• ANEEL anunciou em **11/11/2026** o Despacho **nº 4.249**, divulgado como publicado em **10/11/2026**.

• Consumidor livre: **Pecém VDB 1 Ltda.**; interligação na **Subestação Pecém III, 500 kV, Caucaia/CE**.

• **645 MW de demanda contratada a partir de dezembro de 2028**. Não equivale a capacidade instalada de eletrólise nem produção anual.

• Empreendimento referido como complexo de **amônia verde**; VDB 2–VDB 5 aguardavam parecer permanente de acesso do ONS na data do comunicado.

• Fonte oficial: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2026/aneel-autoriza-acesso-do-primeiro-projeto-de-hidrogenio-verde-a-rede-basica

Estrutura dos arquivos anexos

• artigos/Artigo_Integral_PT_BR.md — artigo brasileiro completo.

• artigos/Complete_Article_EN.md — English full article.

• artigos/Articulo_Integral_ES.md — artículo integral en español.

• figuras/svg e figuras/png — cinco figuras editoriais × três idiomas × dois formatos.

• laboratorio/Laboratorio_Eletrólise_Hidrogenio_Amonia_PT_EN_ES.html — laboratório HTML independente, 100% local.

• calculos/parametros_modelo.json e calculos/resultados_validacao.csv — parâmetros e verificação.

• editorial/FONTES_VERIFICADAS.md e editorial/SEO_GEO_PT_EN_ES.csv — referências e metadados.

• LEIA_PRIMEIRO.md, MANIFESTO_SHA256.txt — implantação e integridade.

01 · Missão editorial e perímetro

001. Publicar UMA pauta nova, com foco no marco de acesso elétrico de Pecém VDB 1 e sua engenharia, sem construir novo sistema editorial.

002. Usar como conteúdo principal o texto integral artigos/Artigo_Integral_PT_BR.md, não a descrição resumida do Prompt Mestre.

003. Publicar também, independentemente, artigos/Complete_Article_EN.md e artigos/Articulo_Integral_ES.md; jamais publicar apenas tradução automática de trechos.

004. Preservar o layout global, componentes existentes, taxonomia, autoria, menu, footers, SEO e acessibilidade do Blog Andrade Safe.

005. Manter a categoria já existente **Engenharia Mecânica**, a menos que auditoria interna mostre categoria existente mais pertinente; não inventar categoria.

006. Não alterar páginas fora da pauta, roteadores, bancos de dados, autenticação, robots, middleware, componentes globais ou configurações de deploy.

007. Usar o anúncio de 11/11/2026 como gancho; produzir conteúdo técnico evergreen sobre energia, eletrólise, água e amônia.

008. Dar prioridade à precisão: diferenciar documento oficial, cenário didático, hipótese e possível evolução futura.

009. Usar os três textos-base como artefatos completos; adaptar apenas correções baseadas em novas fontes verificadas.

010. Executar publicação e validação de forma única, sem auditoria global do site ou publicação de outro artigo.

02 · Fatos oficiais e afirmações proibidas

011. Conferir a página oficial ANEEL de 11/11/2026 imediatamente antes de publicar.

012. Registrar que o Despacho ANEEL nº 4.249 foi divulgado pela agência como publicado em 10/11/2026.

013. Identificar corretamente o titular **Pecém VDB 1 Ltda.**, sem atribuir esse nome a outros projetos do hub sem evidências.

014. Escrever **Subestação Pecém III, 500 kV, município de Caucaia (CE)** como o ponto de conexão anunciado.

015. Escrever **645 MW de demanda contratada a partir de dezembro de 2028**, não potência instalada de stacks.

016. Apontar que o objeto industrial descrito pela ANEEL é produção de amônia verde a partir de H_2 eletrolítico.

017. Informar que VDB 2–VDB 5 aguardavam Parecer de Acesso Permanente do ONS segundo a nota; atualizar somente com comprovação posterior.

018. Não afirmar que a planta produz, exporta, iniciou obras, comprou eletrolisadores ou concluiu comissionamento.

019. Não atribuir ao projeto VDB 1 potenciais investimentos ou volumes de amônia anunciados para FRV, Fortescue, Casa dos Ventos, Quair ou outras empresas.

020. Não afirmar que conexão ao SIN é sinônimo de alimentação 100% renovável e certificação de baixo carbono.

021. Não tratar o valor de 645 MW como consumo instantâneo já registrado, energia anual ou contrato de compra de MWh.

022. Não criar custo, CAPEX, crédito fiscal, emprego, participação societária, terminal ou data de operação sem fonte específica.

023. Em caso de nota atualizada, preservar histórico de 10 e 11/11 e citar a data efetiva de apuração.

03 · Profundidade técnica e conteúdos

024. Abrir com resposta direta: o que a ANEEL autorizou e o que não autorizou.

025. Explicar potência MW versus energia MWh/TWh usando 645×8.760 = 5.650.200 MWh como ilustração de carga contínua.

026. Esclarecer que o cálculo anterior não representa energia fornecida, disponibilidade, consumo efetivo ou contrato de suprimento.

027. Desenvolver a cadeia subestação→proteção→transformação→retificadores→eletrolisadores→tratamento de gases.

028. Explicar por que retificadores, harmônicos, qualidade de energia, proteção e disponibilidade importam em grandes cargas.

029. Descrever tecnologias alcalina, PEM, AEM e SOEC sem afirmar qual foi escolhida para VDB 1.

030. Apresentar reação $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$ e diferenciar equação global de processos reais no equipamento.

031. Incluir funções de resfriamento, água tratada, separadores, filtros, compressores, bombas e controle de processo.

032. Explicar segurança na separação de H_2 e O_2, sem oferecer procedimentos perigosos de operação.

033. Apresentar síntese $N_2 + 3\ H_2 \rightleftharpoons 2\ NH_3$ e origem industrial do nitrogênio via separação de ar.

034. Explicar caráter reversível da síntese, demanda auxiliar, recirculação, purgas e limites de conversão.

035. Mencionar amônia como insumo agrícola e potencial vetor de transporte, sem afirmar contrato ou exportação.

036. Explicar toxicidade da amônia, inflamabilidade do H_2, enriquecimento de O_2 e requisitos de emergência em nível conceitual.

037. Diferenciar disponibilidade hídrica, água estequiométrica, captação, consumo total, recirculação e demanda indireta.

038. Discutir água de reúso e dessalinização apenas como alternativas, sem afirmar que VDB 1 adotará uma delas.

039. Conectar os desafios da indústria brasileira ao relatório IEA Global Hydrogen Review 2026.

040. Priorizar argumento de engenharia sobre retórica promocional, institucional ou geopolítica.

04 · Cálculo numérico e integridade científica

041. Carregar calculos/parametros_modelo.json como fonte dos parâmetros do exemplo didático.

042. Manter 645 MW como única entrada vinculada a dado oficial; todas as demais variáveis são hipóteses declaradas.

043. Parâmetros base: utilização anual 65%; 80% da eletricidade de referência destinada à eletrólise; 52 kWh/kg H_2; 90% de aproveitamento global hipotético até NH_3.

044. Conferir 645×1000×8760×0,65×0,8 = 2.938.104.000 kWh/ano para eletrólise (2,938104 TWh).

045. Conferir mH_2 = 2.938.104.000/52 = 56.502.000 kg/ano (56,502 mil t).

046. Usar massas molares H_2=2,016, H_2O=18,015, O_2=31,998 e NH_3=17,031 g/mol.

047. Conferir água estequiométrica = mH_2×18,015/2,016, aproximadamente 504.903 m^3/ano para ρ≈1.000 kg/m^3.

048. Conferir oxigênio coproduzido = $mH_2 \times 31{,}998/(2 \times 2{,}016)$, aproximadamente 448.401 toneladas/ano.

049. Conferir amônia didática = $mH_2 \times [2 \times 17{,}031/(3 \times 2{,}016)] \times 0{,}90$, aproximadamente 286.395 toneladas/ano.

050. Explicar que o 90% é coeficiente DIDÁTICO anual de aproveitamento e não conversão por passagem do reator.

051. Não classificar o valor de 52 kWh/kg como especificação ANEEL, tecnologia VDB 1 ou dado de fabricante.

052. Nunca usar valores modelados como manchete factual sobre capacidade produtiva do Pecém.

053. Conferir dimensionalmente MW→kW→kWh, kg→toneladas, kg de água→m^3 e fórmulas químicas.

054. Usar vírgula decimal no PT/ES e ponto decimal no EN, mantendo as mesmas grandezas.

055. Inserir uma análise de sensibilidade de 45, 65 e 85% de utilização com as demais variáveis constantes.

056. Identificar visualmente todas as figuras calculadas como cenários hipotéticos.

05 · Recursos visuais e laboratório

057. Integrar cinco figuras originais na pasta figuras/png/ e manter SVG equivalente em figuras/svg/ para reuso.

058. Selecionar exclusivamente sufixos pt, en, es correspondentes à página, não misturar idiomas nas legendas.

059. Usar 01_fluxo_hero como hero/abertura do artigo; está identificado como diagrama editorial, não fotografia documental.

060. Usar 02_marcos_645mw para distinguir acesso elétrico, obras, testes e operação comercial.

061. Usar 03_balanco_massas junto às equações químicas, especificando que 1 kg H_2 é a base da comparação.

062. Usar 04_cenarios_energia próximo do exercício matemático e do link para o laboratório.

063. Usar 05_interfaces_riscos na seção de desafios técnicos, sem transformá-lo em prescrição universal.

064. Não copiar fotografias comerciais de terceiros sem licença/autorizações verificadas; preferir as ilustrações originais do ZIP.

065. Incorporar laboratorio/Laboratorio_Eletrólise_Hidrogenio_Amonia_PT_EN_ES.html somente se o Sites permitir execução segura e responsiva.

066. Evitar iframes externos ou scripts de terceiros; laboratório funciona offline sem bibliotecas externas.

067. Preservar os cinco sliders, os seis indicadores, o gráfico de distribuição, a tabela de cenários e o botão de CSV.

068. Validar troca PT/EN/ES, atualização dinâmica, botão restaurar, exportação de CSV e layout em celular.

069. Se HTML interativo não puder ser embutido com segurança, incluir link para rota interna dedicada validada, ou fallback estático com fórmulas e imagens.

070. Não remover os avisos que impedem o leitor de confundir cálculo didático e engenharia real da planta.

071. Adicionar descrição alt específica por imagem e legenda com autoria Andrade Safe e limitação do diagrama.

06 · SEO, GEO e arquitetura do blog

072. Usar editorial/SEO_GEO_PT_EN_ES.csv como proposta inicial de H1, title, description e slugs.

073. Antes de publicar, verificar se algum slug sugerido já existe; ajustar somente para evitar colisões.

074. Não usar acentos na URL final; slug PT final hidrogenio-verde-pecem-645-mw-eletrolise-amonia.

075. Construir páginas completas e naturais em PT-BR, EN e ES, com intenção de busca localizada por idioma.

076. Aplicar lang correto, canonical autocentrado por página e hreflang recíproco com x-default para PT-BR se o site usar esse padrão.

077. Preservar dados estruturados coerentes com o tipo de artigo e a arquitetura existente: Article/BlogPosting, autor, datePublished real, dateModified real e imagem.

078. Não afirmar ter sido publicado em 15/11 se o deploy real acontecer depois: use data de publicação efetiva.

079. Em contexto sensível de notícias, separar data de apuração do datePublished e atualizar apenas diante de mudanças materiais.

080. Criar FAQ útil e sem promessas de rich results, com respostas curtas e verificáveis.

081. Construir 3–4 links internos relevantes após validar URLs existentes; um deles é obrigatório para o artigo-pilar já publicado de H_2.

082. Link obrigatório, se acessível: https://andradesafe.com.br/blog/hidrogenio-verde-brasil-riscos-engenharia-seguranca .

083. Evitar duplicação/canibalização com o artigo de 01/09/2026: NÃO repetir a análise longa de NR-20, fragilização, risco de H_2 e decreto.

084. Usar títulos e metas traduzidos editorialmente, não literais e não repetidos nos três idiomas.

085. Não introduzir palavras-chave de maneira artificial nem produzir conteúdo destinado apenas a motores de busca.

086. Atualizar sitemap/feeds conforme o fluxo normal do site, sem alterar configurações globais do robô.

07 · Normas, responsabilidade, escopo e fontes

087. Utilizar ANEEL 11/11/2026 e o Despacho n.º 4.249 como fonte central dos fatos atuais.

088. Citar DOE Electrolysis, DOE Water Use 2026 e IEA Global Hydrogen Review 2026 para fundamentos e contexto.

089. Consultar Lei 14.948/2024, Decreto 13.096/2026 e ANP para definições legais, sem inferir certificação de produto.

090. Distinguir juridicamente hidrogênio de baixa emissão, renovável e verde na redação brasileira.

091. Informar que a NR-10 consolidada pela Portaria MTE 737/2026 só entrará em vigor em 01/06/2027; revisar eventual alteração na data efetiva.

092. Quando mencionar NR-12, NR-13, NR-20 ou outra NR, conferir campo de aplicação, exclusões e versão vigente.

093. Não transformar padrões ISO, NFPA, IEC, ASME, API ou certificações internacionais em obrigações brasileiras automáticas.

094. Não fazer afirmações periciais, estimativas de vazamento ou dimensionamento real a partir do modelo didático.

095. Não afirmar redução de emissões, volumes de CO_2 evitado, custo por quilograma ou pegada de água sem metodologia e dados específicos.

096. Em todas as páginas, publicar referências que possam ser abertas; não inventar estudo, DOI, reportagem ou citação.

097. Preservar a distinção entre informação sobre hub do Ceará e informação específica do consumidor VDB 1.

098. Não usar imagens do governo, imprensa ou banco sem confirmação do direito de republicação.

08 · Execução, validação e relatório

099. Ler LEIA_PRIMEIRO.md, artigos integrais, referências, SEO e JSON de parâmetros antes de modificar o site.

100. Fazer uma única passagem de produção: verificar fatos → revisar → implantar páginas/figuras/lab → SEO → validar → relatar.

101. Conferir que as três URLs retornam HTTP 200 após implantação e que o conteúdo carregado corresponde ao arquivo correto.

102. Validar títulos, hero, imagens, legendas, equações, tabelas e URLs em cada idioma.

103. Conferir recíprocos hreflang, canonical individual, meta description e schema de artigo.

104. Testar publicação em celular, navegador desktop, menu e funcionamento do laboratório sem erros de console.

105. Validar valores-base do laboratório contra calculos/resultados_validacao.csv e suas unidades, inclusive na exportação CSV.

106. Conferir que fontes têm links funcionais e data de corte 15/11/2026, corrigindo apenas informações que se alteraram comprovadamente.

107. Não anunciar que o Google indexou páginas nem que posições em busca foram alcançadas; indexação não é automática.

108. Não iniciar outros artigos, refatorações, desempenho global, reescrita do blog ou novos laboratórios sem solicitação.

109. Retornar relatório curto com URLs publicadas, status HTTP, idiomas, imagens, laboratório, SEO, limitações e pendências reais.

Ordem de inserção recomendada na página

Hero 01_fluxo_hero → resposta direta ANEEL → explicação de marcos 02_marcos_645mw → cadeia elétrica e eletrolisadores → reações e 03_balanco_massas → caso calculado e 04_cenarios_energia → link/embutido do laboratório → água, carbono, segurança e 05_interfaces_riscos → perguntas e fontes → CTA técnico discreto.

Critérios de aceite

O conteúdo só deve ser marcado como publicado quando **as três páginas completas** estiverem disponíveis, com fontes, dados, diagramas correspondentes ao idioma, SEO técnico básico e laboratório funcionando ou fallback explícito. O relatório final deve separar claramente o que foi publicado, testado e o que ficou pendente.