

CHERNOBYL ANTES DE 1986: USINA, PRIPYAT E PROJETO SOVIÉTICO

Conheça a usina de Chernobyl e Pripyat antes de 1986, a escolha do RBMK, a expansão do complexo e as lições para projetos de infraestrutura crítica.

SUMÁRIO

1. COMO ERA CHERNOBYL ANTES DO ACIDENTE?	3
2. ONDE FICAVA A USINA NUCLEAR DE CHERNOBYL?	4
3. O PAPEL DO RIO PRIPYAT E DO LAGO DE RESFRIAMENTO	4
4. QUANDO A USINA FOI CONSTRUÍDA?	5
5. QUAL ERA A CAPACIDADE DA USINA?	5
6. COMO A USINA ERA ORGANIZADA?	6
7. O QUE ERA O RBMK-1000?	7
8. POR QUE A UNIÃO SOVIÉTICA ESCOLHEU O RBMK?	7
8.1. A ESCOLHA TECNOLÓGICA PRECISAVA CONSIDERAR MAIS DO QUE CAPACIDADE E PRAZO	7
9. PRIPYAT: A CIDADE CONSTRUÍDA PARA A USINA	8
10. A CIDADE DE CHERNOBYL NÃO ERA PRIPYAT	9
11. COMO ERA O TRABALHO NA CENTRAL?	9
11.1. A TROCA DE TURNO COMO INTERFACE OPERACIONAL	10
12. A USINA, A CIDADE E A REDE FORMAVAM UM ÚNICO SISTEMA CRÍTICO	10
13. A EXPANSÃO PARA OS REATORES 5 E 6	11
14. QUAIS SINAIS JÁ EXISTIAM ANTES DE 1986?	11
15. O QUE CHERNOBYL ANTES DE 1986 ENSINA PARA A ENGENHARIA?	12
15.1. INFRAESTRUTURA CRÍTICA PRECISA SER ANALISADA COMO SISTEMA	12
15.2. A SELEÇÃO TECNOLÓGICA PRECISA CONSIDERAR O CICLO DE VIDA	12
15.3. CRESCIMENTO EXIGE GOVERNANÇA TÉCNICA	13
15.4. A CIDADE TAMBÉM INTEGRA O PLANO DE EMERGÊNCIA	13
16. COMO ESSAS LIÇÕES APARECEM NA ENGENHARIA ATUAL?	13
17. O QUE ACONTECEU DEPOIS DE 1986?	14
17.1. POR QUE OS OUTROS REATORES CONTINUARAM OPERANDO?	14
17.2. SLAVUTYCH E A CONTINUIDADE DA FORÇA DE TRABALHO	14
17.3. O QUE ACONTECEU COM OS REATORES 5 E 6?	14
17.4. DA GERAÇÃO AO DESCOMISSIONAMENTO	15
18. COMO CONTINUAR A JORNADA SOBRE CHERNOBYL	15
18.1. SOLUÇÕES	16
18.2. SERVIÇOS DE ENGENHARIA	16
18.3. JORNADA SOBRE CHERNOBYL	17
18.4. ENGENHARIA, AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO	17

Antes de 26 de abril de 1986, Chernobyl não era uma cidade abandonada nem um símbolo de desastre. Era um grande complexo energético da União Soviética, formado pela Central Nuclear Vladimir Ilyich Lenin, quatro reatores RBMK-1000 em operação, duas unidades adicionais em construção, linhas de transmissão, sistemas de resfriamento, oficinas, ferrovias, estradas e uma cidade planejada para receber os trabalhadores: Pripyat.

Na véspera do acidente, a usina possuía cerca de **4.000 MW elétricos instalados** e integrava o sistema elétrico soviético como fonte de geração de base. Pripyat tinha aproximadamente 49 mil habitantes, população jovem e uma estrutura urbana criada ao redor da operação da central. A cidade histórica de Chernobyl existia muito antes da usina e não era o mesmo lugar que Pripyat.

Portanto, a resposta direta para **como era Chernobyl antes do acidente** é: um empreendimento de infraestrutura crítica em expansão, no qual usina, tecnologia, rede elétrica, recursos hídricos, cidade, trabalhadores e decisões políticas formavam um único sistema. Para compreender a sequência posterior, consulte o [artigo principal sobre o que aconteceu em Chernobyl](#).

Em termos de escala, quatro unidades RBMK-1000 estavam em operação, os Reatores 5 e 6 avançavam em construção e Pripyat funcionava como cidade-satélite da central. O empreendimento reunia geração, transmissão, resfriamento, logística, construção civil, manutenção, telecomunicações e serviços urbanos.

Por isso, compreender Chernobyl antes de 1986 exige olhar além do edifício do Reator 4. A central fazia parte de uma política de expansão energética e de uma cadeia institucional que envolvia órgãos de projeto, fabricantes, operadores, autoridades de planejamento e estruturas regulatórias.

1. COMO ERA CHERNOBYL ANTES DO ACIDENTE?

Em abril de 1986, o complexo era uma instalação estratégica em expansão. Quatro reatores produziam energia elétrica, dois novos blocos estavam sendo construídos e milhares de profissionais trabalhavam na operação, manutenção, construção e suporte da central.

Pripyat era uma cidade jovem e planejada, com edifícios residenciais, escolas, hospitais, comércio, centros culturais e serviços públicos. A população estava fortemente vinculada à usina. O cotidiano local dependia da operação do complexo, enquanto a central dependia de uma rede urbana capaz de formar, alojar e manter sua força de trabalho.

2. ONDE FICAVA A USINA NUCLEAR DE CHERNOBYL?

O complexo foi implantado no norte da então República Socialista Soviética da Ucrânia, aproximadamente 130 km ao norte de Kiev e cerca de 20 km ao sul da fronteira com Belarus. A região combinava disponibilidade de área, acesso ferroviário e rodoviário, proximidade de água e possibilidade de conexão ao sistema elétrico.

A cidade planejada de Pripyat ficava a cerca de 3 km dos reatores. A cidade histórica de Chernobyl, que deu nome à central, estava aproximadamente 15 km a sudeste. Em 1986, Pripyat possuía cerca de 49 mil habitantes e Chernobyl, aproximadamente 12,5 mil.

A população total dentro de um raio de 30 km era estimada entre 115 mil e 135 mil pessoas. Esses números mostram que, embora a área tivesse baixa densidade regional, a usina estava vinculada a cidades, comunidades, rotas de transporte e serviços públicos que precisavam fazer parte do planejamento territorial e de emergência.

As imagens de edifícios residenciais, escolas, hotéis e parques abandonados normalmente mostram Pripyat. O nome “Chernobyl” passou a identificar a usina, o acidente e a zona de exclusão, embora a cidade mais diretamente vinculada ao cotidiano dos trabalhadores fosse Pripyat.

3. O PAPEL DO RIO PRIPYAT E DO LAGO DE RESFRIAMENTO

Ao sudeste da central foi construído um reservatório artificial de aproximadamente 22 km², junto ao rio Pripyat, afluente do Dniepre. O reservatório fornecia água para rejeição do calor produzido pelas unidades e integrava a infraestrutura térmica da usina.

Cada RBMK-1000 produzia cerca de 3.200 MW térmicos para entregar aproximadamente 1.000 MW elétricos. A diferença entre essas grandezas precisava ser dissipada pelo ciclo térmico e pelo sistema de resfriamento. Por isso, captação, circulação, bombas, canais e reservatório eram elementos centrais da continuidade operacional.

O sistema hidráulico possuía interfaces com energia elétrica, automação, manutenção e operação. Bombas dependiam de alimentação confiável; vazões, pressões e temperaturas precisavam ser acompanhadas; equipamentos deveriam ser isolados para manutenção; e mudanças de configuração tinham de ser comunicadas entre diferentes equipes.

Esse arranjo mostra que uma central de geração nunca é apenas o equipamento principal. Ela depende de serviços auxiliares, alimentação normal e de emergência, instrumentação, proteção, telecomunicações, transporte, oficinas, estoque de peças e equipes capazes de interpretar o comportamento integrado da instalação.

4. QUANDO A USINA FOI CONSTRUÍDA?

A decisão de implantar reatores RBMK em Chernobyl foi tomada em 1969. Em 1972, o programa foi consolidado para alcançar aproximadamente 4.000 MW elétricos por meio de quatro unidades. A escolha fazia parte de uma política mais ampla de expansão da geração nuclear e de atendimento ao crescimento do sistema elétrico soviético.

As Unidades 1 e 2 foram construídas durante a década de 1970. As Unidades 3 e 4 formaram uma segunda etapa do complexo e foram concluídas no início da década de 1980. O Reator 4, envolvido no acidente, era uma unidade relativamente nova, em operação havia pouco mais de dois anos.

A implantação por etapas permitia incorporar capacidade ao sistema enquanto novas obras continuavam no mesmo sítio. Isso também significava conviver com diferentes gerações de projeto, alterações de configuração, canteiros ativos, equipamentos compartilhados e interfaces entre operação, construção e comissionamento.

Em abril de 1986, os Reatores 5 e 6 estavam em construção. A central não era vista como empreendimento concluído: o complexo permanecia em expansão, com novos blocos, infraestrutura auxiliar e recursos humanos sendo mobilizados para aumentar ainda mais sua capacidade.

5. QUAL ERA A CAPACIDADE DA USINA?

Cada RBMK-1000 tinha potência térmica nominal próxima de 3.200 MWt e potência elétrica de aproximadamente 1.000 MWe. O vapor produzido alimentava duas turbinas de cerca de 500 MWe por unidade. Com quatro reatores em operação, o complexo alcançava aproximadamente 4.000 MW elétricos instalados.

A escala ajuda a compreender a importância econômica e política da central. Uma instalação dessa dimensão influenciava o planejamento da geração, o despacho do sistema, a implantação de linhas e subestações, o desenvolvimento regional, a formação de mão de obra e as decisões governamentais sobre expansão.

A potência nominal, porém, não descreve toda a infraestrutura necessária. Era preciso garantir serviços auxiliares, alimentação de bombas e controles, conexão externa, sincronismo, proteção, comunicação operacional, manutenção de turbinas e geradores e capacidade de responder a perdas de energia ou mudanças na rede.

Decisões de implantação precisam considerar o ciclo de vida, não apenas capacidade e prazo.

A A3A estrutura estudos de alternativas, premissas, interfaces, riscos, estratégia de implantação e critérios de decisão antes que o empreendimento avance para etapas de maior investimento.

Conhecer o serviço de FEL – Front-End Loading

6. COMO A USINA ERA ORGANIZADA?

Uma usina desse porte não era apenas o edifício do reator. O complexo reunia sistemas térmicos, elétricos, hidráulicos, de automação, telecomunicações, proteção, manutenção, logística, proteção radiológica, combate a incêndio e construção civil.

Cada unidade conectava o reator a separadores de vapor, turbinas, geradores, sistemas de condensação, bombas e serviços auxiliares. Ao redor desse núcleo funcional existiam oficinas, almoxarifados, laboratórios, redes de energia, sistemas de comunicação, acessos, ferrovias e estruturas para movimentação de componentes e combustível.

A continuidade dependia das interfaces entre disciplinas. Uma mudança na rede elétrica podia alterar a programação da unidade; uma indisponibilidade de bomba afetava o processo; uma manutenção exigia isolamento e documentação; e uma alteração temporária precisava chegar à sala de controle, à supervisão e às equipes do turno seguinte.

Em instalações atuais, [telemetria](#), historiadores, alarmes, registro de eventos e sincronismo de tempo ajudam a consolidar dados de diferentes sistemas. Esses recursos não substituem projeto e procedimento, mas tornam o estado da instalação mais visível e rastreável.

O princípio central permanece o mesmo: reator, turbina, gerador, serviços auxiliares, rede externa, automação, proteção e operação precisam funcionar como uma única arquitetura. Quando cada disciplina enxerga apenas sua própria fronteira, riscos de interface podem permanecer sem responsável.

Operação integrada exige uma visão comum do estado da instalação.

Sistemas supervisórios organizam variáveis, alarmes, tendências, eventos e comandos para apoiar operadores e equipes de engenharia em ambientes distribuídos e críticos.

Conhecer a solução de Sistemas SCADA

7. O QUE ERA O RBMK-1000?

O RBMK-1000 era um reator soviético refrigerado a água, moderado por grafite e construído com grande quantidade de canais individuais de pressão. Essa arquitetura permitia reabastecimento durante a operação e podia ser construída com capacidades industriais disponíveis na União Soviética.

A descrição completa do núcleo, dos canais, do grafite, da água, das bombas, dos separadores de vapor, das hastes e da geração elétrica está no capítulo [Como funcionava o reator RBMK da usina de Chernobyl](#).

8. POR QUE A UNIÃO SOVIÉTICA ESCOLHEU O RBMK?

O RBMK não teria sido a primeira opção técnica considerada para o sítio de Chernobyl. A análise de Nikolaus Muellner, baseada nos relatórios soviéticos anexados ao INSAG-7, indica que o conceito apareceu em terceiro lugar em um estudo de viabilidade.

Mesmo assim, o projeto foi selecionado porque componentes e capacidades industriais necessários estavam disponíveis, enquanto outras alternativas dependeriam de fabricação mais demorada. A decisão mostra como disponibilidade produtiva, cronograma e política energética podem alterar a hierarquia técnica de um empreendimento.

O desenvolvimento envolveu organizações especializadas de projeto e engenharia, estruturas estatais de construção e planejamento e aprovação em nível governamental. A tecnologia resultou de uma cadeia institucional com responsabilidades distribuídas, e não de uma escolha isolada da equipe que operaria a usina.

Esse é um princípio aplicável a qualquer grande projeto: a solução selecionada resulta de requisitos técnicos e de restrições econômicas, industriais, logísticas e institucionais. O risco aumenta quando essas restrições reduzem margens, quando limitações conhecidas não chegam aos usuários ou quando a expansão avança sem verificação independente suficiente.

8.1. A ESCOLHA TECNOLÓGICA PRECISAVA CONSIDERAR MAIS DO QUE CAPACIDADE E PRAZO

O RBMK oferecia vantagens industriais: alta potência, possibilidade de reabastecimento durante a operação e construção sem depender de um vaso de pressão extremamente grande. Essas características estavam alinhadas à capacidade produtiva soviética e às metas de expansão.

Mas a seleção de uma tecnologia crítica também precisa avaliar comportamento em condições anormais, complexidade operacional, manutenção, fatores humanos, consequências de falhas, modificações futuras e capacidade de proteção. Uma solução economicamente atraente na implantação pode exigir níveis muito maiores de controle e governança durante décadas.

A avaliação deveria abranger não apenas o desempenho nominal, mas também a clareza dos limites operacionais, a capacidade de detectar estados degradados, a facilidade de modernização, a disponibilidade de peças, a competência necessária das equipes e a independência da análise técnica.

O tema é aprofundado no artigo sobre [falha de projeto, pressão política e governança em Chernobyl](#), que separa os fatores técnicos, organizacionais e institucionais.

Selecionar uma tecnologia é também escolher seus modos de falha, competências necessárias e barreiras de proteção.

A Engenharia do Proprietário acrescenta revisão independente às decisões do empreendimento, acompanhando requisitos, interfaces, riscos, fornecedores, documentos e critérios de aceite ao longo do ciclo de vida.

Conhecer o serviço de Owner's Engineering

9. PRIPYAT: A CIDADE CONSTRUÍDA PARA A USINA

Pripyat foi fundada em 1970 para receber trabalhadores da central e de outros projetos da região. Era uma cidade planejada, jovem e associada à ideia de progresso científico e industrial. Em abril de 1986, possuía aproximadamente 49 mil habitantes.

Sua população reunia operadores, engenheiros, técnicos, trabalhadores da construção, eletricitistas, mecânicos, profissionais de saúde, professores, servidores públicos e suas famílias. A cidade oferecia edifícios residenciais, escolas, hospital, comércio, equipamentos culturais, transporte e serviços necessários a uma comunidade em crescimento.

A proximidade com a usina reduzia deslocamentos e concentrava competências técnicas. Ao mesmo tempo, criava uma relação de dependência: a cidade existia para sustentar a operação e a expansão do complexo, enquanto a central dependia da capacidade urbana de alojar, formar e manter sua força de trabalho.

Essa relação transforma planejamento urbano em parte da engenharia de uma instalação crítica. Rotas, transporte, hospitais, comunicação pública, abastecimento, energia, água e

capacidade de mobilização precisam ser avaliados junto com os riscos industriais do empreendimento.

10. A CIDADE DE CHERNOBYL NÃO ERA PRIPYAT

Chernobyl era uma cidade histórica mais antiga, com aproximadamente 12,5 mil habitantes, situada a cerca de 15 km do complexo. Pripyat havia sido criada especificamente para apoiar a central e ficava a aproximadamente 3 km dos reatores.

A distinção importa porque “Chernobyl” designava o complexo nuclear e a região administrativa, mas a vida cotidiana dos trabalhadores estava concentrada principalmente em Pripyat. Depois do acidente, a cidade planejada tornou-se o principal símbolo visual da evacuação.

Por isso, o nome Chernobyl passou a identificar simultaneamente a usina, o acidente, a zona de exclusão e imagens urbanas que pertencem principalmente a Pripyat. Para compreender o evento, é útil separar os quatro elementos: cidade histórica, cidade-satélite, central nuclear e território ao redor.

11. COMO ERA O TRABALHO NA CENTRAL?

A usina operava continuamente e exigia equipes de turno, manutenção programada, inspeções, testes, proteção radiológica e acompanhamento de milhares de parâmetros. Operadores de reator e turbina trabalhavam ao lado de engenheiros, eletricitas, mecânicos, químicos, técnicos de instrumentação, equipes de manutenção, bombeiros e supervisores.

As equipes precisavam manter a produção, preparar paradas, executar intervenções e responder a mudanças do sistema elétrico. Uma atividade programada podia envolver simultaneamente operação, manutenção, automação, elétrica, proteção, segurança e coordenação com o despacho externo.

A segurança dependia de procedimentos claros, treinamento, comunicação entre turnos e acesso a informações confiáveis. O INSAG-7 mostrou posteriormente que limitações relevantes do RBMK não haviam sido transferidas de forma adequada dos projetistas para os operadores.

Esse problema não era apenas documental. Quando a equipe desconhece a razão física de um limite, a regra pode ser interpretada como formalidade operacional. Informações de segurança precisam explicar o que deve ser feito, por que o requisito existe, quais sinais indicam degradação e qual autoridade pode interromper uma atividade.

11.1. A TROCA DE TURNO COMO INTERFACE OPERACIONAL

Em instalações contínuas, a transferência de responsabilidade entre equipes é uma etapa crítica. Equipamentos indisponíveis, alterações temporárias, testes, desvios, alarmes recorrentes e premissas precisam ser comunicados sem perda de contexto.

O teste de 1986 sofreu atraso e alcançou outro período operacional, mostrando como mudanças de programação podem alterar as condições humanas e técnicas de uma atividade. A equipe que executa nem sempre é a mesma que planejou, preparou ou iniciou o processo.

Hoje, registros eletrônicos, [sincronismo de tempo](#), históricos de alarmes, ordens de serviço e comunicação operacional ajudam a preservar a sequência dos fatos. Ainda assim, a qualidade da passagem de turno depende de responsabilidades definidas e confirmação de entendimento.

Operação remota exige comunicação, telemetria e evidência operacional coerentes.

A teleassistência integra supervisão, telecomunicações, imagem, alarmes e procedimentos para apoiar decisões e confirmar estados de instalações distribuídas.

Conhecer a solução de Teleassistência e Monitoramento Operativo

12. A USINA, A CIDADE E A REDE FORMAVAM UM ÚNICO SISTEMA CRÍTICO

Antes do acidente, Chernobyl podia ser entendida como uma arquitetura integrada:

Essa visão sistêmica é essencial porque acidentes complexos raramente decorrem de um componente isolado. Eles surgem quando vulnerabilidades técnicas, humanas e organizacionais atravessam várias camadas do sistema.

Em instalações distribuídas, [telecomunicações operacionais](#) conectam salas de controle, equipes de campo, proteção, supervisão e centros remotos. O projeto precisa prever disponibilidade, rotas físicas, sincronismo, energia e procedimentos para condições normais e degradadas.

A evidência visual complementa dados de processo. [CFTV operativo](#), controle de acesso e [segurança eletrônica integrada](#) ajudam a confirmar presença, posição, acesso e condições de equipamentos.

Aplicações como o [monitoramento de chaves seccionadoras](#) demonstram a mesma lógica: telemetria, imagem, estado elétrico e registro temporal precisam formar uma evidência operacional coerente.

13. A EXPANSÃO PARA OS REATORES 5 E 6

Em 1986, quatro unidades operavam enquanto duas novas unidades eram construídas. O complexo combinava produção de energia, manutenção de unidades existentes e implantação de novos blocos no mesmo sítio.

Essa coexistência aumentava as interfaces entre canteiro e operação. Acesso de equipes, circulação de materiais, redes provisórias, sistemas compartilhados, documentação, alterações de campo e energizações parciais precisavam ser coordenados sem comprometer as unidades em serviço.

Em empreendimentos por etapas, cada nova unidade também pode incorporar revisões de projeto, fornecedores e soluções diferentes das anteriores. Sem gestão de configuração, o conjunto deixa de possuir uma referência técnica única e atualizada.

A construção dos Reatores 5 e 6 demonstra que, na véspera do acidente, Chernobyl era percebida como plataforma de expansão de longo prazo. O evento de 26 de abril interromperia de forma abrupta essa trajetória.

14. QUAIS SINAIS JÁ EXISTIAM ANTES DE 1986?

O INSAG-7 concluiu que fragilidades importantes do RBMK já haviam aparecido antes do acidente. Um evento na Unidade 1 de Leningrado, em 1975, indicou que efeitos locais de reatividade poderiam produzir danos relevantes. A experiência não foi transformada em uma revisão suficientemente ampla para todas as usinas do mesmo tipo.

Em 1982, a própria Unidade 1 de Chernobyl sofreu uma falha de combustível que também apontava limitações de comportamento e operação. Segundo o INSAG-7, a troca de informações entre organizações operadoras era insuficiente, e a equipe de Chernobyl não recebeu compreensão completa sobre a natureza do evento de Leningrado.

Em 1983, durante atividades na usina de Ignalina, foi identificado que a inserção das hastes poderia produzir inicialmente um efeito contrário ao esperado em determinadas configurações. A informação chegou a organizações responsáveis, mas as mudanças de projeto e restrições operacionais prometidas não foram implantadas de forma eficaz antes de 1986.

O problema, portanto, não era ausência total de sinais. Era a incapacidade de transformar experiência operacional, cálculos, anomalias e alertas em barreiras concretas: modificação de projeto, limite automático, procedimento claro, treinamento, comunicação entre unidades e verificação independente.

Essa cadeia é analisada com mais profundidade em [Chernobyl: falha de projeto, pressão política ou falha de governança?](#).

Sinais anteriores só reduzem risco quando são convertidos em ações verificáveis.

A Auditoria Técnica confronta requisitos, documentos, configuração instalada, evidências, pendências e riscos para identificar lacunas antes que elas sejam normalizadas pela rotina operacional.

Conhecer o serviço de Auditoria Técnica

15. O QUE CHERNOBYL ANTES DE 1986 ENSINA PARA A ENGENHARIA?

O período anterior ao acidente mostra que a confiabilidade de um empreendimento não nasce apenas de equipamentos robustos. Ela depende de decisões coerentes ao longo de planejamento, projeto, fabricação, construção, operação, manutenção, expansão e regulação.

15.1. INFRAESTRUTURA CRÍTICA PRECISA SER ANALISADA COMO SISTEMA

Não basta verificar o equipamento principal. A confiabilidade depende de interfaces entre processo, energia, automação, telecomunicações, refrigeração, proteção, operação, manutenção e resposta a emergências.

Requisitos de interface precisam possuir responsáveis, critérios de verificação e evidências. Quando duas disciplinas presumem que a outra tratará determinada condição, surge uma lacuna que pode permanecer invisível até uma falha, teste ou mudança operacional.

15.2. A SELEÇÃO TECNOLÓGICA PRECISA CONSIDERAR O CICLO DE VIDA

Capacidade de fabricação, custo e velocidade de construção são critérios legítimos, mas não podem ocultar riscos de operação, limitações de proteção, dificuldades de manutenção ou dependência excessiva de procedimentos humanos.

A avaliação deve incluir disponibilidade de peças, obsolescência, competências necessárias, facilidade de diagnóstico, possibilidade de modernização, comportamento

em estados degradados e custo de manter as barreiras técnicas durante décadas.

15.3. CRESCIMENTO EXIGE GOVERNANÇA TÉCNICA

A construção simultânea de novas unidades mostra um projeto em expansão. Quanto maior a escala, maior a necessidade de revisão independente, gestão de configuração, retorno da experiência operacional e comunicação clara entre projetistas, fabricantes, operadores e reguladores.

Expansões também exigem controle de mudanças. Desenhos, listas de sinais, lógicas, procedimentos, ativos instalados e documentos de operação precisam representar a configuração real, inclusive durante fases temporárias de obra e energização.

15.4. A CIDADE TAMBÉM INTEGRA O PLANO DE EMERGÊNCIA

A proximidade de Pripjat evidencia que planejamento urbano, rotas, comunicação pública, transporte e capacidade de evacuação fazem parte da engenharia de risco de uma instalação de grande impacto potencial.

O plano precisa considerar população permanente, visitantes, equipes de turno, hospitais, escolas, pessoas com mobilidade reduzida, canais de alerta, pontos de encontro, alternativas de transporte e continuidade dos serviços essenciais.

16. COMO ESSAS LIÇÕES APARECEM NA ENGENHARIA ATUAL?

Projetos complexos utilizam [Front-End Loading](#) para amadurecer alternativas e premissas antes dos maiores investimentos. A [Engenharia do Proprietário](#) acompanha decisões, interfaces e entregáveis sob a perspectiva do contratante.

[Auditorias técnicas](#) verificam aderência, lacunas e riscos; o [comissionamento e aceite técnico](#) demonstram que sistemas e interfaces atendem aos critérios definidos antes da entrada em operação.

Na camada operacional, [SCADA](#), sistemas de supervisão, telemetria, telecomunicações e sincronismo aumentam a visibilidade sobre estados, alarmes e eventos. O valor desses recursos depende da qualidade dos requisitos, da instrumentação e da governança de dados.

Na proteção física e operacional, segurança eletrônica, CFTV, controle de acesso e monitoramento remoto precisam integrar-se aos procedimentos e ao centro de decisão. A tecnologia deve reduzir incerteza, não apenas produzir mais telas e registros.

17. O QUE ACONTECEU DEPOIS DE 1986?

O acidente interrompeu a expansão, levou à evacuação de Pripyat e transformou profundamente o território. Os outros reatores não foram desligados definitivamente de imediato; a central permaneceu em operação parcial até dezembro de 2000. Slavutych foi construída para receber trabalhadores e sustentar as atividades posteriores da usina.

Esses temas pertencem ao período posterior ao acidente e serão aprofundados em conteúdos próprios. Neste artigo, eles aparecem apenas para mostrar o contraste entre o projeto de expansão existente em abril de 1986 e o longo processo de contenção, operação residual e descomissionamento que veio depois.

17.1. POR QUE OS OUTROS REATORES CONTINUARAM OPERANDO?

O Reator 4 foi destruído, mas as demais unidades não foram encerradas imediatamente. A infraestrutura existente, a necessidade de geração, o trabalho de milhares de profissionais e a complexidade de um desligamento definitivo influenciaram a continuidade temporária da central.

As unidades remanescentes passaram por avaliações e modificações. Os desligamentos ocorreram em momentos diferentes, e a última unidade em operação foi encerrada em dezembro de 2000.

17.2. SLAVUTYCH E A CONTINUIDADE DA FORÇA DE TRABALHO

Com Pripyat evacuada, Slavutych foi construída para receber trabalhadores e famílias ligados à central. A continuidade das atividades exigiu transporte organizado, monitoramento radiológico, controle de acesso, procedimentos de descontaminação e uma nova estrutura urbana.

17.3. O QUE ACONTECEU COM OS REATORES 5 E 6?

A expansão foi interrompida e as estruturas permaneceram parcialmente concluídas. A paralisação de um empreendimento dessa dimensão cria desafios de preservação, segurança do canteiro, destinação de equipamentos, documentação, custos afundados e gestão de passivos.

17.4. DA GERAÇÃO AO DESCOMISSIONAMENTO

O fechamento do último reator não encerrou as atividades no local. Descomissionamento envolve gestão de combustível, descontaminação, tratamento de resíduos, monitoramento, manutenção de estruturas, desmontagem gradual e registros de longo prazo. O complexo passou de instalação de geração para empreendimento de contenção e desmobilização técnica.

18. COMO CONTINUAR A JORNADA SOBRE CHERNOBYL

O próximo capítulo explica [como funcionava o reator RBMK](#). Depois, a jornada acompanha a queda de potência, o envenenamento por xenônio, a redução da ORM, o coeficiente de vazio, as hastes de controle, o teste, o acionamento do AZ-5 e a análise de causa-raiz.

O mapa completo está em [Chernobyl: o que aconteceu e por que o Reator 4 explodiu](#).

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1*. Safety Series No. 75-INSAG-7. Vienna: IAEA, 1992.

[2] SHTEYNBERG, N. A. et al. Report by a Commission to the USSR State Committee for the Supervision of Safety in Industry and Nuclear Power. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *INSAG-7*, Annex I. Vienna, 1992.

[3] ABAGYAN, A. A. et al. Causes and Circumstances of the Accident at Unit 4 of the Chernobyl Nuclear Power Plant and Measures to Improve the Safety of Plants with RBMK Reactors. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *INSAG-7*, Annex II. Vienna, 1992.

[4] MUELLNER, Nikolaus. Three Decades after Chernobyl: Technical or Human Causes? In: HAAS, R. et al. *The Technological and Economic Future of Nuclear Power*. Springer, 2019.

[5] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. *Report on the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Station*. NUREG-1250. Washington, DC, 1987.

[6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Safety Culture*. Safety Series No. 75-INSAG-4. Vienna: IAEA, 1991.

[7] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY. *Chernobyl: Chapter I – The Site and Accident Sequence*. Paris: OECD/NEA.

[8] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY. *Chernobyl: Assessment of Radiological and Health Impacts*. 2002 update. Paris: OECD/NEA, 2002.

[9] SCHMID, Sonja D. When Safe Enough Is Not Good Enough: Organizing Safety at Chernobyl. *Bulletin of the Atomic Scientists*, v. 67, n. 2, p. 19–29, 2011.

[10] CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT. *History of the ChNPP and Construction of the Units*. Documentação institucional.

[11] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *RBMK Reactors*. Documento técnico sobre arquitetura, operação e modificações dos reatores RBMK.

Como era Chernobyl antes do acidente? Era um complexo energético, industrial e urbano em expansão, com quatro reatores RBMK-1000 em operação, duas unidades em construção e Pripyat como cidade planejada para os trabalhadores. **Pripyat e Chernobyl eram a mesma cidade?** Não. Pripyat ficava a cerca de 3 km da usina e havia sido construída para os trabalhadores. A cidade histórica de Chernobyl estava aproximadamente 15 km a sudeste do complexo. **Por que Pripyat foi construída?** Pripyat foi fundada em 1970 para alojar trabalhadores da central e suas famílias, oferecendo moradia, escolas, saúde, comércio, transporte e serviços próximos à instalação. **Onde ficava a usina de Chernobyl?** O complexo ficava no norte da Ucrânia soviética, cerca de 130 km ao norte de Kiev e aproximadamente 20 km ao sul da fronteira com Belarus. **Qual era a capacidade da usina antes do acidente?** As quatro unidades em operação somavam aproximadamente 4.000 MW elétricos. Cada RBMK-1000 produzia cerca de 3.200 MW térmicos para entregar aproximadamente 1.000 MW elétricos. **Por que a União Soviética escolheu o RBMK para Chernobyl?** A escolha combinou alta capacidade, disponibilidade industrial de componentes, possibilidade de reabastecimento durante a operação e prazos de implantação menores do que outras alternativas consideradas. **A usina ainda estava sendo ampliada em 1986?** Sim. Os Reatores 5 e 6 estavam em construção, mostrando que Chernobyl fazia parte de um programa de expansão de longo prazo da geração soviética. **O Reator 4 era antigo quando ocorreu o acidente?** Não. A unidade havia iniciado operação comercial em 1984 e estava em serviço havia pouco mais de dois anos. **Já existiam sinais de problemas antes de 1986?** Sim. Eventos em Leningrado, Chernobyl Unidade 1 e Ignalina haviam indicado fragilidades, mas as informações não foram convertidas de forma suficiente em mudanças de projeto, procedimentos e treinamento. **Quantas pessoas viviam perto da usina?** Pripyat tinha cerca de 49 mil habitantes e a cidade histórica de Chernobyl aproximadamente 12,5 mil. Dentro de um raio de 30 km, a população era estimada entre 115 mil e 135 mil pessoas.

18.1. SOLUÇÕES

18.2. SERVIÇOS DE ENGENHARIA

18.3. JORNADA SOBRE CHERNOBYL

18.4. ENGENHARIA, AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.