

**REQUISITOS DE PROJETO E DE ENSAIOS PARA CERTIFICAÇÃO DE
MATERIAIS RADIOATIVOS, EMBALAGENS E VOLUMES**

Resolução CNEN 272/21
Publicação: DOU 09.03.2021

Resolução CNEN 278/21 (Alteração)
Publicação: DOU 09.08.2021

Norma CNEN NN 5.05

REQUISITOS DE PROJETO E DE ENSAIOS PARA CERTIFICAÇÃO DE MATERIAIS RADIOATIVOS, EMBALAGENS E VOLUMES

Estabelece os requisitos de projeto e métodos de ensaio para a demonstração da conformidade para materiais radioativos e volumes com as exigências de segurança e proteção radiológica.

Art. 1º Esta Norma foi aprovada pela Comissão Deliberativa da Comissão Nacional de Energia Nuclear conforme expresso na Ata de Reunião da Sessão de CD nº 665, de 05 de março de 2021.

CAPÍTULO I

DO OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

Art. 2º O objetivo desta Norma é definir os requisitos de projeto e métodos de ensaio para a demonstração da conformidade para materiais radioativos e volumes com as exigências de segurança e proteção radiológica estabelecidas no regulamento de transporte de materiais radioativos, Norma CNEN-NN-5.01 Edição de 2021 e suas versões posteriores.

Art. 3º Os requisitos presentes nesta Norma têm base na versão de 2018 do documento Requisitos Específicos de Segurança número 6 da Agência Internacional de Energia Atômica.

Art. 4º Esta Norma aplica-se:

I – Aos ensaios de materiais radioativos sob forma especial;

II – Aos materiais radioativos de baixa dispersividade;

III – Às embalagens e protótipos de embalagens do Tipo A, B e C para o transporte de materiais radioativos em condições rotineiras, normais e de acidente;

IV – Às embalagens destinadas ao transporte de Hexafluoreto de Urânio.

Parágrafo único. O termo “ensaio” utilizado nesta Norma, define uma operação técnica que consiste na determinação de uma ou mais características de um dado produto, processo ou serviço, de acordo com um procedimento especificado.

CAPÍTULO II

DAS GENERALIDADES

Art. 5º Qualquer dúvida em relação às disposições desta Norma será dirimida pela Diretoria de Radioproteção e Segurança, da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

Art. 6º A CNEN pode substituir e/ou acrescentar requisitos aos constantes nesta Norma, conforme considerar apropriado ou necessário.

Parágrafo único. A alteração, substituição ou revogação de requisitos deverá ser feita através de procedimento revisional específico, incluindo a justificativa técnica para o aumento da segurança das operações de transporte.

Art. 7º As notificações, relatórios, requerimentos, documentos complementares e demais comunicações devem ser endereçados à Diretoria de Radioproteção e Segurança – DRS/CNEN.

Art. 8º Como complemento aos requisitos desta Norma devem ser atendidos:

I - Os preceitos de proteção radiológica para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE), e público em geral, estabelecidos na Norma CNEN-NN-3.01: “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica” e suas posições regulatórias;

II - Norma CNEN-NN-5.01-2021 “Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos”;

III - Os requisitos de ensaios contidos na Resolução No. 5232-2016 da Agência Nacional de Transportes Terrestres: “Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos”.

IV - Norma no. 1496-2013 “Série 1 - Contêineres - Especificações e Ensaios - Parte 1: Contêineres de Carga em Geral”, da Organização Internacional de Normatização/ISO, Genebra 2013.

V - Norma no. 7195-2005 “Embalagem para Transporte de UF₆”, da Organização Internacional de Normatização/ISO, segunda edição 2005 ou versões posteriores.

VI - Norma no. 9978-1992 “Proteção Radiológica, Fontes Radioativas Seladas, Métodos de Teste de Fuga”, da Organização Internacional de Normatização/ISO, Edição de 1992 ou versões posteriores.

VII - Norma no. 2919-2012 “Classificação de Fontes Radioativas Seladas”, da Organização Internacional de Normatização/ISO, Edição de 1980 ou versões posteriores.

VIII - O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil RBAC 175 e sua Instrução Suplementar 175-001.

Art. 9º Para os fins desta Norma é adotado um conjunto de definições e siglas para termos específicos da área de transporte de materiais nucleares e outros materiais radioativos. As definições e siglas encontram-se no Anexo I desta Norma.

CAPÍTULO III

DA DEMONSTRAÇÃO DA CONFORMIDADE E SISTEMAS DE GESTÃO

Art. 10 A demonstração da conformidade com os padrões de desempenho exigidos nesta Norma deve ser conduzida de acordo com os seguintes requisitos:

I - Os ensaios com amostras representativas do material radioativo sob forma especial, ou material radioativo de baixa dispersividade, ou com protótipos ou amostras de embalagens devem ser realizados simulando, tanto quanto possível, os conteúdos radioativos estipulados e a amostra ou a embalagem a ser testada deve ser apresentada da maneira como ela é preparada para o transporte;

II - Podem ser feitas referências a demonstrações satisfatórias realizadas anteriormente, de natureza suficientemente similar.

III - Os ensaios podem ser realizados com modelos em escalas apropriadas, incorporando as características significativas da amostra a ser ensaiada, quando a experiência tecnológica existente demonstrar que os resultados de tais ensaios são adequados aos propósitos do projeto. Quando um modelo em escala for usado, deve ser levada em consideração a necessidade de ajuste de determinados parâmetros do ensaio, tais como o diâmetro da barra de penetração ou a carga de compressão; e

IV - A demonstração da conformidade pode ser realizada mediante cálculos ou argumentação lógica, quando os procedimentos de cálculo e os parâmetros empregados se mostrem confiáveis ou conservativos.

§ 1º após a realização dos ensaios com amostras ou protótipos, devem ser empregados métodos adequados para a avaliação dos resultados, de modo que seja assegurado o atendimento ao desempenho e aos padrões de aceitação exigidos nesta Norma.

§ 2º todas as amostras devem atender ao desempenho e aos padrões de aceitação exigidos, não sendo admitida a substituição de amostras que eventualmente apresentem falhas.

Art.11 Devem ser estabelecidos sistemas de gestão para os ensaios utilizados para demonstração da capacidade de materiais, embalagens e volumes, de forma a assegurar conformidade com os requisitos desta Norma.

I - As instalações utilizadas para os ensaios podem aplicar aos ensaios um sistema de gestão desenvolvido para outras atividades, desde que adaptado e considerado satisfatório pela CNEN.

II - Os registros do sistema de gestão devem estar disponíveis para a CNEN, inclusive para volumes que não requeiram aprovação de projeto.

III - Os sistemas de gestão devem ser submetidos à CNEN para avaliação e aceitação.

CAPÍTULO IV
DOS REQUISITOS PARA MATERIAIS RADIOATIVOS

Seção I
Requisitos para Material Radioativo sob Forma Especial

Art. 12 O material radioativo sob forma especial deve ter pelo menos uma dimensão maior ou igual a 5 mm;

Art. 13 O material radioativo sob forma especial deve ser de tal natureza ou ser projetado de forma tal que se for submetido aos ensaios especificados nesta Norma deve satisfazer os seguintes requisitos:

I – Não deve se quebrar ou se romper quando submetidos aos ensaios de impacto, percussão e flexão, conforme aplicável;

II – Não deve se fundir ou se dispersar quando submetido ao ensaio de calor, conforme aplicável;

III – A atividade na água resultante de ensaios de lixiviação especificados nesta Norma não deve exceder 2 kBq; ou

IV - Para fontes seladas, a taxa de vazamento para a avaliação do ensaio de vazamento volumétrico especificado na Norma ISO 9978-1982 não deve exceder o limite de aceitação estabelecido pela CNEN.

Parágrafo único. Quando uma cápsula selada constituir parte do material radioativo sob forma especial, a cápsula deve ser fabricada de modo que ela possa ser aberta somente se for destruída.

Seção II
Requisitos para Material Radioativo de Baixa Dispersividade

Art. 14 O material radioativo de baixa dispersividade deve ser tal que a total quantidade deste material radioativo em uma embalagem deve satisfazer aos seguintes requisitos:

I - A Taxa de Dose a 3 m proveniente de um material radioativo não blindado não exceda 10 mSv/h;

II - Se submetido aos ensaios especificados nos Art. 105 e 106 desta Norma, a liberação nas formas gasosa e de particulados de até 100 µm de diâmetro equivalente aerodinâmico não deve exceder a 100 vezes o valor de A₂. Uma amostra separada pode ser usada para cada ensaio

III – Se submetido a ensaios especificados nos Art. 15 a 18 desta Norma, a atividade na água não deve exceder a 100 vezes o valor de A₂. Na aplicação deste teste os efeitos danosos resultantes da aplicação dos ensaios especificados no Inciso II devem ser levados em consideração.

CAPÍTULO V

TESTE DE LIXIVIAÇÃO PARA MATERIAIS RADIOATIVOS DE BAIXA DISPERSIVIDADE

Art. 15 Uma amostra sólida de material representativa de todo o conteúdo de um volume deverá ser imersa em água na temperatura ambiente por sete dias.

Art. 16 O volume de água empregado no ensaio deve ser tal que, ao fim do sétimo dia, o volume de água que não foi absorvido e que não reagiu com a amostra ensaiada seja, pelo menos, igual a 10% do volume da amostra.

Art. 17 A água deve possuir, inicialmente, um pH entre 6 e 8 e uma condutividade elétrica não superior a 1 mS.m⁻¹ (10 µmho.cm⁻¹) a 20°C.

Art. 18 A atividade total do volume de água que não foi absorvido e que não reagiu com a amostra deve ser medida após o período de sete dias de imersão.

CAPÍTULO VI

DOS ENSAIOS PARA MATERIAL RADIOATIVO SOB FORMA ESPECIAL

Art. 19 Amostras que contenham ou simulem material radioativo sob forma especial deverão ser submetidas aos ensaios de impacto, percussão, flexão e térmico, conforme especificados nos Art. 21, 22, 23 e 24.

Parágrafo único. É permitida a utilização de diferentes amostras para cada um dos ensaios relacionados no artigo anterior.

Art. 20 Após a realização de cada um dos ensaios a amostra deverá ser submetida a uma avaliação de lixiviação ou de vazamento volumétrico, empregando um método não menos sensível que os métodos indicados no Art. 26 desta Norma para o caso de material sólido não dispersível, ou no artigo 27, no caso de material encapsulado.

Art. 21 Ensaio de impacto: A amostra deverá cair de uma altura de 9 m sobre o alvo. O alvo deverá estar em conformidade com o que define o Art. 96.

Art. 22 Ensaio de Percussão: a amostra deverá ser disposta sobre uma placa de chumbo suportada por uma superfície lisa e sólida, e deverá ser golpeada pela face plana de uma barra de aço doce de maneira a causar um impacto equivalente ao que resultaria de uma massa de 1,4 kg em queda livre de 1 m de altura;

I - A face plana da barra de aço deve possuir um diâmetro de 25 mm e a borda arredondada com um raio de 3,0 mm \pm 0,3 mm;

II - A placa de chumbo, com um número de dureza na escala Vickers entre 3,5 e 4,5 e com uma espessura não superior a 25 mm, deve cobrir uma área superior àquela coberta pela amostra; e

III - A barra de aço deve golpear a amostra de modo a produzir o máximo de dano e, após cada impacto, a placa de chumbo deve ser substituída por uma outra intacta.

Art. 23 Ensaio de Flexão: Este ensaio aplica-se somente a fontes longas e delgadas, cujo comprimento não seja inferior a 10 cm e que apresentam uma razão entre o comprimento e a mínima largura não inferior a 10;

I - A amostra deve ser rigidamente fixada na posição horizontal de tal modo que metade do seu comprimento sobressaia da face do dispositivo de fixação;

II - A orientação da amostra deve ser tal que esta sofra o máximo de dano quando a sua extremidade livre é golpeada pela face plana de uma barra de aço com 25 mm de diâmetro e com a borda arredondada com um raio de 3,0 mm \pm 0,3 mm; e

III - A barra de aço deve atingir a amostra de modo a produzir um impacto equivalente ao produzido por uma massa de 1,4 kg em queda livre, a partir de 1 m de altura.

Art. 24 Ensaio Térmico: A amostra deve ser aquecida no ar, a uma temperatura de 800°C, e ser mantida nesta temperatura durante 10 minutos, após o que deve resfriar naturalmente.

Art. 25 Amostras que contenham ou simulem material radioativo encerrado em cápsulas seladas podem ser isentas dos seguintes ensaios:

I - Os ensaios prescritos nos Art. 21 e 22, desde que as amostras sejam alternativamente submetidas ao ensaio de impacto prescrito no documento ISO 2919-2012.

a) o ensaio de impacto de Classe 4, se a massa do material radioativo sob forma especial for inferior a 200 g;

b) o ensaio de impacto de Classe 5, se a massa do material radioativo sob forma especial for igual ou superior a 200 g, porém inferior a 500 g.

II - O ensaio prescrito no Art. 24, desde que as amostras sejam submetidas alternativamente ao ensaio térmico de Classe 6 especificado no documento ISO 2919-2012.

Seção I

Métodos para a Avaliação da Lixiviação e Vazamento Volumétrico

Art. 26 O seguinte método de avaliação da lixiviação aplica-se a amostras de material radioativo sólido não dispersível:

I - A amostra deve ser imersa em água à temperatura ambiente durante sete dias.

II - O volume de água a ser usado no ensaio deve ser suficiente para garantir que, findo o período de sete dias, o volume de água que não foi absorvido e que não reagiu com a amostra seja, pelo menos, igual a 10% do volume da própria amostra sólida ensaiada.

III - A água deve apresentar um pH inicial entre 6 e 8 e uma condutividade máxima de 1 mS/m a 20°C;

IV - A água contendo a amostra deve, então, ser aquecida à temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ e mantida nesta temperatura por 4 horas.

V - Depois, deve-se determinar a atividade da água;

VI - Em seguida, a amostra deve ser armazenada, no mínimo, durante 7 dias em ar parado a 30°C e a uma umidade relativa não inferior a 90%;

VII - A amostra deve, então, ser imersa em água nas mesmas condições estabelecidas no Inciso I, a uma temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 4 horas; e

VIII - Novamente deve-se determinar a atividade da água.

Art. 27 O seguinte método de avaliação da lixiviação ou de avaliação de vazamento volumétrico aplica-se a amostras que contenham ou simulem material radioativo encerrado numa cápsula selada:

I - A avaliação de lixiviação deverá consistir das seguintes etapas:

a) a amostra deverá ser imersa em água na temperatura ambiente. A água deverá apresentar um pH inicial entre 6 e 8 e condutividade máxima de 1 mS/m a 20°C ;

b) a água com a amostra deve, então, ser aquecida à temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ e mantida nesta temperatura por 4 horas;

c) a atividade da água deve, então, ser determinada;

d) em seguida, a amostra deve ser mantida por pelo menos 7 dias em ar parado numa temperatura não inferior a 30°C e com umidade relativa do ar não inferior a 90%;

e) o processo descrito nos parágrafos § 1º, 2º e 3º deve ser repetido.

Art. 28 A avaliação alternativa de vazamento volumétrico deve incluir qualquer um dos ensaios prescritos no documento ISO 9978-1992, desde que seja considerado aceitável pela CNEN.

Seção II

Ensaio para Material Radioativo de Baixa Dispersividade

Art. 29 Uma amostra que contenha ou simule material radioativo de baixa dispersividade deverá ser submetida ao ensaio térmico intensificado, conforme especificado no Art. 105, bem como ao ensaio de impacto prescrito no Art. 106.

Art. 30 Uma amostra diferente pode ser usada para cada ensaio.

Art. 31 Após cada ensaio, a amostra será submetida aos ensaios prescritos nos Art. 15 a 18.

Art. 32 Após cada ensaio será determinado se os requisitos aplicáveis do Art. 13 desta Norma foram satisfeitos.

Parágrafo único. O não cumprimento desta prescrição sujeita o projetista às sanções previstas no Capítulo VIII da Norma CNEN-NN-5.01.

CAPÍTULO VII

DOS REQUISITOS DE PROJETO PARA EMBALAGENS E VOLUMES

Seção I

Requisitos Gerais Para Transporte por Qualquer Via

Art. 33 O volume deverá ser projetado, no que tange à sua massa, volume e forma, de maneira que possa ser transportado facilmente e em segurança. Adicionalmente, o volume deverá ser projetado de maneira a poder ser fixado adequadamente dentro da unidade transportadora ou sobre ela, durante o transporte.

Art. 34 O projeto deverá garantir que quaisquer dispositivos de içamento existentes no volume não falharão quando utilizados do modo planejado e que, caso ocorra uma falha nesses dispositivos, esta não prejudicará a capacidade de o volume cumprir os demais requisitos estabelecidos pela presente norma. O projeto deverá levar em consideração fatores de segurança apropriados para que o volume possa ser erguido por garras.

Art. 35 Os dispositivos de fixação e quaisquer outros dispositivos existentes sobre a superfície externa do volume que poderiam ser utilizados para içá-lo deverão ser projetados para suportar sua massa de acordo com os requisitos estabelecidos nesta Norma, ou deverão ser removidos ou tornados inoperantes durante o transporte.

Art. 36 A embalagem deverá ser projetada e construída de modo que as superfícies externas estejam isentas de protuberâncias e possam ser facilmente descontaminadas.

Art. 37 A camada externa da embalagem deverá ser projetada de modo a impedir a retenção e o acúmulo de água.

Art. 38 Quaisquer dispositivos que não façam parte do volume e tenham sido acrescentados a ele no momento do transporte não deverão reduzir a sua segurança.

Art. 39 O volume deverá ser capaz de suportar os efeitos de qualquer aceleração, vibração ou vibração por ressonância que possa surgir nas condições normais de transporte, sem resultar em qualquer deterioração da eficácia dos dispositivos de fechamento nos vários receptáculos ou na integridade do volume como um todo.

Art. 40 Travas, porcas e outros dispositivos de fixação do volume deverão ser projetados de modo a prevenir que possam se soltar ou que sejam soltos de forma não intencional, mesmo depois de uso repetido.

Parágrafo único. O projeto deve levar em conta os mecanismos de envelhecimento.

Art. 41 Os materiais das embalagens e quaisquer componentes ou estruturas deverão ser física e quimicamente compatíveis entre si, bem como com o conteúdo radioativo. O seu comportamento quando irradiados deverá ser levado em conta.

Art. 42 Todas as válvulas através das quais o conteúdo radioativo poderia escapar deverão ser protegidas para não serem operadas sem autorização.

Art. 43 O projeto do volume deverá levar em conta as temperaturas ambientes e as pressões que provavelmente ocorrerão em condições rotineiras de transporte.

Art. 44 Um volume deve ser projetado de maneira a fornecer blindagem suficiente para garantir que, em condições rotineiras de transporte e com o conteúdo radioativo máximo que o volume possa conter, a Taxa de Dose não exceda os seguintes valores:

I - 5 μ Sv/h em qualquer ponto da superfície externa de um volume exceptivo;

II - 2 mSv/h em qualquer ponto da superfície externa, exceto se o volume ou a sobre-embalagem forem transportados sob Uso Exclusivo por rodovia ou ferrovia e sob as condições impostas pelo Inciso III deste artigo ou ainda na modalidade Arranjo Especial por via marítima ou por via aérea sob as seguintes condições.

(a) volumes ou sobre-embalagens que apresentem Taxa de Dose na superfície acima de 2 mSv/h, a menos que sejam transportadas em ou sobre um veículo sob Uso Exclusivo de acordo com a Tabela XI, nota de rodapé (a) da Norma CNEN-NN-5.01, não devem ser transportadas por via marítima a não ser sob Arranjo Especial.

(b) Exceto na modalidade Arranjo Especial, volumes ou sobre-embalagens que apresentem Taxa de Dose acima de 2 mSv/h não devem ser transportadas por via aérea.

III - 10 mSv/h em qualquer ponto da superfície externa de um volume ou sobre-embalagem podendo exceder 2 mSv/h desde que.

(a) O veículo seja dotado de cobertura tal que durante as condições rotineiras de transporte, impeça o acesso de pessoas não autorizadas;

(b) medidas sejam tomadas para assegurar que os volumes e a sobre-embalagem permaneçam fixados durante as condições rotineiras de transporte.

IV - 10 mSv/h na superfície externa de um volume ou sobre-embalagem sob Uso Exclusivo.

Art. 45 No caso de material radioativo que tenha quaisquer outras propriedades perigosas, o projeto do volume deverá levar essas propriedades em consideração.

Seção II

Requisitos Adicionais para o Transporte por Via Aérea

Art. 46 Os volumes a serem transportados por via aérea devem satisfazer os seguintes requisitos adicionais de projeto:

I - A temperatura das superfícies acessíveis, sem levar em conta insolação, não deve exceder 50°C em uma temperatura ambiente de 38°C;

II - A integridade da contenção dos volumes não deve diminuir quando submetida a temperaturas ambientes variando de - 40°C a + 55°C;

III - ser capazes de suportar uma pressão interna que produza uma pressão diferencial não inferior à pressão máxima de operação normal acrescida de 95 kPa (0,95 kgf/cm²), sem que o sistema de contenção permita a perda ou dispersão dos conteúdos radioativos.

Art. 47 Volumes ou sobre embalagens que na sua superfície tenham uma Taxa de Dose superior 2 mSv/h não poderão ser transportados por via aérea, a menos que sob a modalidade de arranjo especial.

Art. 48 É proibido o transporte de volumes do tipo B(M) e de volumes sob uso exclusivo em aeronaves de passageiros.

Parágrafo único. Uso Exclusivo refere-se ao uso, com exclusividade, por um único expedidor, de uma unidade de transporte ou de um grande contentor de modo que quaisquer operações de carga e descarga sejam realizadas segundo orientação do expedidor ou do destinatário.

Seção III

Requisitos para Volumes Exceptivos

Art. 49 Um volume exceptivo deverá ser projetado para cumprir os requisitos especificados nos Art. 33 a 45 desta Norma e, adicionalmente, os requisitos prescritos no Art. 60, II se contiver material físsil permitido por um dos Incisos I a VI do Art. 41 da Norma CNEN-NN-5.01, assim como os do Art. 46 desta Norma, caso seja transportado por via aérea.

Parágrafo único. Volume Exceptivo é o volume no qual a embalagem, do tipo industrial ou comercial comum, contém pequena quantidade de material radioativo com atividade limitada, sendo projetado para satisfazer os requisitos de projeto referidos no Art. 43 da Norma CNEN-NN-5.01, conforme aplicável.

Seção IV

Requisitos para Volumes Industriais

Art. 50 O Volume Industrial deve ser classificado por nível de integridade em um dos seguintes tipos:

I - Volume Industrial do Tipo 1 (VI-1)

II - Volume Industrial do Tipo 2 (VI-2)

III - Volume Industrial do Tipo 3 (VI-3)

Subseção I

Volume Industrial Tipo VI-1

Art. 51 O Volume Industrial para ser qualificado como Tipo VI-1 deve ser projetado de modo a satisfazer os requisitos gerais especificados nos Art. 33 a 45 e, adicionalmente, os do Art. 60, II e do Art. 46 se transportado por via aérea.

Subseção II

Volume Industrial Tipo VI-2

Art. 52 Um volume a ser qualificado como Tipo VI-2 deverá ser projetado para atender os requisitos para o Tipo VI-1 especificados no Art. 51 e, adicionalmente, caso seja submetido aos ensaios aplicáveis especificados nos artigos 96 e 97, deverá impedir:

I - Perda ou dispersão do conteúdo radioativo; e

II - Um aumento maior que 20% no nível de radiação máximo em qualquer superfície externa do volume.

Subseção III

Volume Industrial Tipo VI-3

Art. 53 O volume Industrial para ser qualificado como Tipo VI-3 deve ser projetado de modo a satisfazer os requisitos para o Tipo VI-1, referidos no Art. 51 e adicionalmente os requisitos referidos no Art. 60.

Seção V

Requisitos Alternativos para Volumes Industriais Tipos VI-2 e VI-3

Art. 54 Volumes podem ser utilizados como Tipo VI-2 desde que:

I - Preencham os requisitos para Tipo VI-1 especificados no Art. 51;

II - Sejam projetados para preencher os requisitos prescritos para Embalagens do Grupo I ou II da ONU, no capítulo 6.1 das Recomendações das Nações Unidas para o Transporte de Produtos Perigosos, Regulamentos Modelo;

III - quando submetidos aos ensaios exigidos para Embalagens do Grupo I ou II dos Regulamentos Modelo da ONU, devem impedir:

(a) perda ou dispersão dos conteúdos radioativos;

(b) aumento maior que 20% na máxima Taxa de Dose em qualquer superfície externa do volume.

Parágrafo único. Para fins de transporte terrestre, os requisitos que constam nos incisos II e III deste artigo devem ser os constantes na Resolução 5.232-2016 da ANTT.

Art. 55 Tanques portáteis também podem ser utilizados como volume Tipo VI-2 ou Tipo VI-3, desde que:

I - Preencham os requisitos para Volume Tipo VI-1 especificados no Art. 51;

II - Sejam projetados para preencher os requisitos prescritos no capítulo 6.7 das Recomendações das Nações Unidas para o Transporte de Produtos Perigosos, Regulamentos Modelo da Nações Unidas, ou outros requisitos que sejam pelo menos equivalentes, e sejam capazes de resistir a um ensaio de pressão de 265 kPa;

III – Sejam projetados de modo que qualquer blindagem adicional possa suportar as tensões estáticas e dinâmicas resultantes de condições rotineiras de manuseio e de transporte; e

IV – Sejam projetados de modo a evitar perda de blindagem que possa resultar em aumento superior a 20% na Taxa de Dose em qualquer superfície externa do contêiner-tanque.

Art. 56 Tanques que não sejam portáteis também podem ser utilizados como Volume Tipo VI-2 ou Tipo VI-3 para transportar Materiais BAE-I e BAE-II, conforme prescreve a Tabela VI, desde que:

I - Preencham os requisitos para Volume Tipo VI-1 especificados no Art. 51;

II - Sejam projetados para preencher os requisitos prescritos nos regulamentos regional e nacional para o transporte de produtos perigosos, e sejam capazes de resistir a um ensaio de pressão de 265 kPa; e

III – Sejam projetados de modo que qualquer blindagem adicional possa suportar as tensões estáticas e dinâmicas resultantes de condições rotineiras de manuseio e de transporte; e

IV – Sejam projetados de modo a evitar perda de blindagem que possa resultar em aumento superior a 20% na Taxa de Dose em qualquer superfície externa do contêiner.

Art. 57 Contêineres de carga com características de fechamento permanente também poderão ser utilizados como Volume Tipo VI-2 ou Tipo VI-3, desde que:

I - O conteúdo radioativo seja restrito a materiais sólidos.

II - Preencham os requisitos para Volume Tipo VI-1 especificados no Art. 51.

III - Sejam projetados em conformidade com o documento ISO 1496-2013 Série 1 “Contêineres de Carga – Especificações e Ensaios – Parte 1: Contêineres de Carga Geral para Finalidades Gerais, da Organização Internacional de Normalização, excetuando-se as dimensões e classificações.

Art. 58 Os contêineres de carga com características de fechamento permanente também poderão ser utilizados como Volume Tipo VI-2 ou Tipo VI-3 se forem projetados de tal maneira que, quando submetidos aos ensaios prescritos no citado documento, bem como às acelerações que ocorrem durante as condições normais de transporte, devem impedir:

I - Perda ou dispersão dos conteúdos radioativos;

II - Aumento maior que 20% na máxima Taxa de Dose em qualquer superfície externa do contêiner.

Art. 59 Contêineres a Granel de Porte Intermediário metálicos também poderão ser utilizados como Volume Tipo VI-2 ou Tipo VI-3, desde que:

I - Preencham os requisitos para Tipo VI-1 especificados no Art. 51;

II - Sejam projetados para preencher os requisitos prescritos para volumes do Grupo I ou II da ONU, no Capítulo 6.5 das Recomendações das Nações Unidas para o Transporte de Produtos Perigosos, Regulamentos Modelo, e de modo que, caso fossem submetidos aos ensaios prescritos naquele documento, porém com o ensaio de queda conduzido na posição que causaria o maior dano possível, devem impedir:

a) perda ou dispersão do conteúdo radioativo; e

b) aumento maior que 20% na máxima Taxa de Dose em qualquer superfície externa do contêiner.

Seção VI **Requisitos Gerais para Volumes do Tipo A**

Art. 60 O Volume Tipo A deve ser projetado de modo a:

I – Satisfazer os requisitos especificados nos Art. 33 a 45 e, adicionalmente, os do Art. 46 se transportado por via aérea;

II – Ter menor dimensão externa igual ou superior a 10 cm;

III – Incorporar na parte externa, um dispositivo tal como um selo, não facilmente quebrável, o qual, enquanto intacto, sirva de evidência de que o volume não foi aberto;

IV – Possuir lacre de inviolabilidade.

V – Capacitar quaisquer dispositivos de amarração na superfície externa para absorver, sob condições rotineiras ou de acidente, as forças neles aplicadas, sem que seja prejudicada a aptidão do volume em satisfazer os requisitos desta Norma;

VI - Levarem conta para os componentes da embalagem, a faixa de temperatura de - 40°C a + 70°C, com particular atenção aos pontos de congelamento de conteúdo radioativo líquido e à degradação potencial de materiais da embalagem, dentro desse intervalo de temperatura;

VII - O projeto e as técnicas de fabricação devem estar de acordo com as normas nacionais ou internacionais ou outros requisitos aceitáveis pela autoridade competente;

VIII – Incluir um sistema de contenção firmemente cerrado por um dispositivo de fechamento hermético, impossível de abrir involuntariamente ou por pressão interna;

IX – Possuir sistema de contenção com dispositivo de fechamento hermético com bloqueio de abertura;

X – O material radioativo sob forma especial pode ser considerado como um componente do sistema de contenção;

XI - No caso em que o sistema de contenção constituir uma unidade separada da embalagem, ele deve ser capaz de ser fechado seguramente por um dispositivo que seja independente de qualquer outra parte da embalagem;

XII - Considerar para o projeto de qualquer componente do sistema de contenção, conforme aplicável, a decomposição radiolítica de líquidos e outros materiais vulneráveis, bem como a geração de gases por radiólise e por reação química;

XIII - Capacitar o sistema de contenção para reter o seu conteúdo radioativo sob uma redução da pressão ambiente de até 60 kPa;

XIV - Prover todas as válvulas, exceto as válvulas de alívio de pressão, de um sistema para retenção de vazamento;

XV - Capacitar qualquer blindagem contra radiação encerrando um componente do volume especificado como parte do sistema de contenção, para impedir a liberação involuntária desse componente de seu interior;

XVI - Capacitar, no caso em que o conjunto “blindagem-componente encerrado” referido no inciso XIII constituir uma unidade separada da embalagem, a blindagem para ser firmemente cerrada por um dispositivo de fechamento que seja independente de qualquer outra estrutura da embalagem;

XVII - Prever folga de enchimento suficiente para, no caso de conteúdo radioativo líquido, acomodar variações na temperatura do mesmo, efeitos dinâmicos e dinâmica de enchimento.

Art. 61 O Volume Tipo A deve ser projetado de modo a evitar, quando submetido aos ensaios de queda livre, de empilhamento, de jato de água e de penetração, os seguintes eventos:

I - Vazamento ou dispersão de conteúdo radioativo; e

II - Perda de integridade de blindagem que possa resultar em aumento superior a 20% na Taxa de Dose em qualquer superfície externa do volume.

§ 1º superfície externa do volume representam as superfícies exteriores de todos os componentes visíveis da amostra ensaiada.

§ 2º Volume Tipo A é o volume constituído de embalagem Tipo A e de conteúdo radioativo sujeito a limite de atividade e sem necessidade de aprovação do projeto pela CNEN, exceto se contiver material físsil.

§ 3º Embalagem Tipo A é a embalagem projetada para suportar as condições normais de transporte com o grau de retenção da integridade de contenção e blindagem exigidos por esta Norma.

§ 4º O Sistema de Contenção deve ser claramente definido no projeto da embalagem.

§ 5º Sistema de Contenção é o conjunto de componentes da embalagem especificamente projetado para reter o material radioativo durante o transporte.

Subseção I

Conteúdo Radioativo sob Forma Líquida

Art. 62 O Volume Tipo A projetado para conter líquidos deve ser:

I - Adequado para satisfazer as condições estabelecidas no Art. 61, quando submetido aos ensaios adicionais de queda livre e de penetração, especificados nesta Norma;

II - Provido de material absorvente suficiente para absorver duas vezes o volume do conteúdo líquido, e adequadamente posicionado de modo a entrar em contato com o líquido na eventualidade de vazamento; ou

III - Provido de um sistema de contenção composto por componentes de contenção primária interna e de contenção secundária externa, projetados para conter completamente o conteúdo líquido e assegurar sua retenção pelos componentes da contenção secundária, mesmo se houver vazamento da contenção primária.

Subseção II

Conteúdo Radioativo sob Forma Gasosa

Art. 63 O Volume Tipo A projetado para conter gases deve impedir a liberação ou dispersão do conteúdo radioativo quando submetido aos ensaios especificados nesta Norma.

Art. 64 Está isento do disposto no Art. 99, o Volume Tipo A projetado para trício ou para gases nobres.

Seção VII

Requisitos para Volumes do Tipo B(U)

Art. 65 O volume Tipo B (U), com conteúdo radioativo limitado, deve ser projetado de modo a:

I - Satisfazer os requisitos especificados nos Art. 33 a 45, Art. 46 se transportado por via aérea, e no Art. 60, exceto o Inciso XVI e adicionalmente os Art. 65, III 6 a 65, XVII;

II - Continuar capacitado conforme comprovado através dos ensaios referidos nesta norma, sob as condições ambientais especificadas nos Incisos IV e V, ao cumprimento sem falhas dos requisitos aplicáveis de contenção e blindagem, quando sujeito ao calor gerado internamente pelo seu conteúdo radioativo, em situação normal de transporte e sem ser cuidado por uma semana;

III - Levar em conta, com relação ao referido no Inciso II, os efeitos de calor capazes de:

a) alterar o arranjo, a forma geométrica ou o estado físico do conteúdo radioativo ou, caso o material radioativo esteja contido num recipiente metálico (por exemplo, elementos combustíveis de reator nuclear), causar a fusão ou deformação do recipiente ou do material radioativo; ou

b) reduzir a eficiência da embalagem por dilatação térmica diferencial ou por fissuramento ou fusão do material da blindagem contra radiação; ou

c) em combinação com umidade, acelerar a corrosão.

IV - A temperatura ambiente é considerada como sendo 38°C;

V - As condições de insolação são aquelas especificadas na Tabela XIII;

VI - Permanecer eficaz quanto a proteção térmica, incluída com o objetivo de satisfazer os requisitos do ensaio térmico prescrito nesta Norma, quando o volume é submetido aos ensaios referidos naquela resolução, conforme aplicável. Tal proteção no exterior do volume não deve se tornar ineficaz devido a rasgos, cortes, deslocamentos, abrasões, ou manuseio severo;

VII - Restringir o vazamento ou dispersão do conteúdo radioativo a, no máximo, 10^{-6} A₂ por hora quando submetido aos ensaios referidos nos Art. 93 a 98 desta Norma;

VIII - Quando o volume é submetido aos ensaios especificados nesta Norma e, ainda, alternativamente:

a) ao ensaio prescrito nesta Norma se o volume tem massa inferior a 500 kg e densidade global inferior a 1.000 kg/m³ baseada nas dimensões externas, e conteúdo radioativo superior a 1.000 A₂ não como material radioativo sob forma especial; ou

b) ao ensaio prescrito nesta Norma para os demais volumes, quando deve satisfazer os seguintes requisitos:

1) reter blindagem suficiente para assegurar que a Taxa de Dose a 1m da superfície do volume não exceda a 10 mSv/h com conteúdos radioativos para os quais o volume foi projetado; e

2) restringir a perda acumulada de conteúdos radioativos em um período de uma semana não mais do que 10 A₂ para Criptônio-85 e não mais de A₂ para os demais radionuclídeos;

IX - Quando misturas de diferentes radionuclídeos estão presentes, as provisões do Art. 28, parágrafos 6º ao 9º são aplicáveis exceto que para o Criptônio-85 um valor efetivo A₂(i) igual a 10 A₂ pode ser usado. No caso do Inciso VIII deste artigo, a avaliação deve considerar os limites do Art. 74 da Norma CNEN-NN-5.01 para a contaminação externa;

X - Não haver ruptura do sistema de contenção, se contiver combustível nuclear irradiado com atividade superior a 10⁵ A₂, quando o volume é submetido ao ensaio de imersão em água especificado nesta Norma.

XI - Conformar com os limites de liberação de atividade permitidos, sem depender de filtros nem de um sistema mecânico de resfriamento;

XII - Não incluir um sistema de alívio de pressão para o sistema de contenção passível de permitir a liberação de material radioativo para o meio ambiente sob as condições dos ensaios especificados nos Art. 93 a 98 desta Norma;

XIII - Evitar, sob pressão máxima de operação normal, que o nível de tensões no sistema de contenção atinja valores passíveis de prejudicar o cumprimento dos requisitos aplicáveis, quando o volume é submetido aos ensaios prescritos nos Art. 93 a 98 e 107 a 111 desta Norma;

XIV - Não apresentar uma pressão máxima de operação normal superior a 700 kPa;

XV - Impedir que a temperatura máxima de qualquer superfície facilmente acessível durante o transporte sob uso exclusivo de acordo com o Inciso IV deste artigo exceda a 85°C na ausência de insolação, excetuando-se o caso de transporte por via aérea, sujeito ao disposto no Inciso I do Art. 65, IV;

XVI - Um volume contendo material nuclear de baixa dispersividade deve ser projetado de modo que qualquer característica adicionada ao material nuclear de baixa dispersividade que não seja parte dele, ou qualquer componente interno do volume, não afete o desempenho do material nuclear de baixa dispersividade; e

XVII - Permanecer eficaz para uma variação de temperatura ambiente de - 40°C a + 38°C.

XVIII - Um volume será transportado sob Uso Exclusivo se a temperatura exceder 50° C.

XIX - Podem ser levados em conta barreiras ou anteparos para proteção dos trabalhadores em transporte, sem necessidade de submissão de tais barreiras ou anteparos a qualquer ensaio.

Seção VIII

Requisitos para Volumes do Tipo B(M)

Art. 66 Os volumes Tipo B(M) deverão cumprir os requisitos para volumes Tipo B(U) especificados no Art. 65, exceto se:

I – Os volumes a serem transportados unicamente dentro de um país específico ou unicamente entre países específicos, podem ser admitidas condições de temperatura ambiente e de insolação diferentes das prescritas nos Art. 60 VI, 65 XV, IV e V, 65 X até 65 XVII sujeitas à aprovação das autoridades competentes daqueles países.

II - Os requisitos para Volumes Tipo B(U) especificados nos Art. 65 XV e Art. 65 X até 65 XVIII deverão ser cumpridos tanto quanto praticável.

Art. 67 O Volume Tipo B (M) pode ter ventilação intermitente durante o transporte, desde que os controles operacionais para tal ventilação sejam aprovados pela CNEN.

Seção IX

Requisitos para Volumes do Tipo C

Art. 68 Volumes do Tipo C devem ser projetados para atender os requisitos especificados nos Art. 33 a 45 e 60, II a 60, XVII exceto o que especifica os Incisos I, IV, IX e XVI bem como os requisitos prescritos nos Art. 65 III, IV, V e XV, 65 XI, XII, XIII, XIV, XVI e XVII, 73 a 75.

Art. 69 Um Volume deverá ser capaz de cumprir os critérios de avaliação prescritos para os ensaios nos Art. 65, 65 VII e 65 XIII depois de enterrado num meio ambiente caracterizado por uma condutividade térmica de 0,33 W/(m.K) e uma temperatura de 38°C no regime estacionário. As condições iniciais para a avaliação deverão admitir que qualquer insulamento térmico do Volume permaneça intacto, o Volume esteja na pressão máxima de operação normal e que a temperatura ambiente seja de 38°C.

Art. 70 Um volume deverá ser projetado de tal forma que, estando na pressão máxima de operação normal, fosse submetido:

I - Aos ensaios especificados nos artigos 93 a 98, restringiria a perda de conteúdo radioativo para não mais que 10^{-6} A₂ por hora;

II - À sequência de ensaios prescritos no Art. 102:

a) conservaria suficiente blindagem para garantir que a Taxa de Dose a 1 m da superfície do volume não ultrapasse 10 mSv/h com o conteúdo radioativo máximo que o volume foi projetado para conter;

b) num período de uma semana, restringiria a perda acumulada do conteúdo radioativo a não mais que 10 A₂ para Criptônio-85 e não mais que A₂ para todos os demais radionuclídeos.

c) Caso haja misturas de diferentes radionuclídeos, aplicar-se-ão as prescrições dos Art. 29 parágrafos 6° ao 9° da Norma CNEN-NN-5.01, com a ressalva de que, para Criptônio-85, pode-se utilizar um valor efetivo A₂ (i) igual a 10 A₂.

d) No caso do Inciso I deste artigo, a avaliação deverá levar em conta os limites de contaminação externa estabelecidos no Art. 74 da Norma CNEN-NN-5.01.

Art. 71 Um volume deverá ser projetado de tal maneira que não haverá ruptura do sistema de contenção após a realização do ensaio de imersão em água especificado no artigo 112.

Parágrafo único. Pressão Máxima de Operação Normal é a pressão máxima, acima da pressão atmosférica ao nível médio do mar, que poderia se desenvolver no sistema de contenção no período de um ano, sob as condições de temperatura e radiação solar correspondentes às condições ambientais de transporte, na ausência de sistema de alívio, de resfriamento externo por sistema auxiliar, ou de controles operacionais durante o transporte.

Seção X

Requisitos para Volumes Contendo Material Físsil

Art. 72 O volume contendo material físsil, além do atendimento aos requisitos de projeto prescritos para o respectivo tipo primário de volume, conforme aplicável, deve satisfazer os requisitos especificados nos Art. 73 a 85, exceto se estiver enquadrado no disposto no Art. 86.

Subseção I

Disposições Suplementares

Art. 73 O volume contendo material físsil deve ser transportado de modo a manter a subcriticalidade, sob condições rotineiras e em acidentes, levando-se em conta contingências tais como:

- I - Vazamento de água para dentro ou para fora do volume;
- II - Perda de eficiência de absorvedores ou moderadores de nêutrons incorporados;
- III - Possível rearranjo do conteúdo no interior do volume, ou como resultado de vazamento do volume;
- IV - Redução de espaço dentro ou entre volumes;
- V - Eventual imersão do volume em água ou neve; e
- VI - mudança de temperatura.

Art. 74 O volume contendo material físsil deve satisfazer os requisitos:

- I - No Art. 60, II exceto para materiais transportados sem embalagem quando especificamente permitido pelo Art. 41, Inciso IV da Norma CNEN-NN-5.01;
- II – Prescritos em qualquer outro artigo desta Norma e relativos às propriedades radioativas do material.
- III – do Art. 60, III a menos que o material seja exceptivo de acordo com o Art. 41 da Norma CNEN-NN-5.01;
- IV – Dos Art. 79 a 89 desta Norma.

Art. 75 Volumes contendo material físsil em conformidade com os requisitos do Inciso IV deste artigo e um dos requisitos do Art. 77 I e III estão dispensados dos Art. 79 a 89.

I – Volumes contendo material físsil em qualquer forma, desde que:

- a) a menor dimensão externa do volume seja maior que 10cm.
- b) o Índice de Segurança de Criticalidade do volume seja calculado da seguinte forma: $ISC = 50 \times 5 \times \{[massa \text{ de } ^{235}\text{U} \text{ no volume (g)}] / Z + [massa \text{ de outros nuclídeos físeis no volume (g)}] / 280\}$, onde os valores de Z são obtidos na Tabela 3.
- c) O ISC de qualquer volume não deve exceder a 10.

II – Volumes contendo material físsil em qualquer forma desde que:

- a) a menor dimensão externa do volume não seja menor que 30cm.
- b) o volume, após ser submetido aos ensaios contidos no Art. 93 a 98:
 - retenha seu conteúdo físsil;
 - preserve as dimensões externas mínimas do volume em pelo menos 30cm;
 - impeça a inserção de um cubo de 10cm.

c) - O ISC de um volume é calculado usando a seguinte fórmula:

$ISC = 50 \times 2 \times \{[massa \text{ de urânio-235 no volume (g)}/Z + massa \text{ de outros nuclídeos físséis no volume (g)}/280\}$, onde os valores de Z são obtidos na Tabela 3.

d) O ISC de qualquer volume não deve exceder a 10.

III – Volumes contendo material físsil em qualquer forma desde que:

a) a menor dimensão externa do volume não seja menor que 10cm.

b) o volume, após ser submetido aos ensaios contidos no Art. 93 a 98:

- retenha seu conteúdo físsil;
- preserve as dimensões externas mínimas do volume em pelo menos 10cm;
- impeça a inserção de um cubo de 10cm.

c) - O ISC de um volume é calculado usando a seguinte fórmula:

$ISC = 50 \times 2 \times \{[massa \text{ de urânio-235 no volume (g)}/Z + massa \text{ de outros nuclídeos físséis no volume (g)}/450 + [massa \text{ de outros nuclídeos físséis no volume}]/280\}$;

d) a massa total dos nuclídeos físséis em qualquer volume não exceda 15g.

IV – A massa total de berílio, material hidrogenado enriquecido em deutério, grafite ou outras formas alotrópicas de carbono em um volume individual não deve ser maior que a massa de nuclídeos físséis naquele volume, exceto onde a concentração total desses materiais não exceda 1g em qualquer 1000g do material.

Parágrafo único. No caso de Berílio incorporado em ligas de cobre em até 4% em peso da liga não necessitam ser considerados.

Art. 76 Volumes contendo não mais que 1000g de plutônio estão isentos da aplicação dos requisitos do Art. 79 a 86 desde que:

I - Não mais que 20% do plutônio em massa sejam nuclídeos físséis.

II – O ISC do volume seja calculado usando a seguinte fórmula: $ISC \times 2 [massa \text{ do plutônio (g)}/1000]$.

III Caso haja presença de urânio com o plutônio, a massa de urânio não deve exceder 1% da massa de plutônio.

Subseção II **Volumes Danificados e Não Danificados**

Art. 77 Para fins de avaliação da subcriticalidade do volume contendo material físsil, considerar:

I - Volume não danificado, como sendo a condição do volume, avaliada ou demonstrada, se tivesse sido submetido aos ensaios prescritos nesta Norma; e

II - Volume danificado, como sendo a condição, avaliada ou demonstrada, do volume se tivesse sido submetido aos ensaios prescritos nesta Norma seguido pelo que seja o mais restritivo:

a) os ensaios prescritos nesta Norma para volumes tendo uma massa não superior a 500 kg e densidade total não superior a 1.000 kg/m³ baseada nas dimensões externas, e os ensaios prescritos na Seção V para todos os demais volumes, e complementados pelos prescritos Seção VII; ou

b) os ensaios prescritos na Seção V.

Art. 78 Volumes após terem sido submetidos aos ensaios especificados nos Art. 93 a 98 devem:

I – preservar as dimensões mínimas externas em pelo menos 10cm;

II – impedir a entrada de um cubo de 10cm.

Subseção III **Avaliação de Volumes Individuais Isolados**

Art. 79 Para fins de determinação da subcriticalidade de volumes individuais isolados contendo material físsil, com a ressalva do disposto no Art. 84, deve ser admitido que possa escapar água para dentro ou para fora de todos os

espaços vazios do volume, inclusive daqueles no interior do sistema de contenção. No caso de o projeto do volume incorporar dispositivos especiais para evitar escapamento de água para dentro ou para fora de determinados espaços vazios, mesmo como resultado de erro humano, pode ser admitido não haver escapamento com relação a esses espaços vazios. Os dispositivos especiais referidos no Art. 84 devem incluir:

I - Múltiplas barreiras de água, de alto padrão, capacitadas de forma que pelo menos duas permaneçam estanques se submetidas aos testes descritos no Art. 84;

II – Um alto grau de controle de qualidade na produção, manutenção e reparo de embalagens;

III - Ensaios especiais para demonstrar a hermeticidade de cada volume antes de cada transporte;

IV - Apenas para volumes contendo hexafluoreto de urânio:

a) volumes nos quais, após os ensaios prescritos no Art. 84, II não haja contato físico entre a válvula e qualquer outro componente do volume além do seu ponto original de ligação e onde, adicionalmente, após os ensaios prescritos nesta Norma, as válvulas permaneçam estanques; e

b) um alto controle de qualidade na fabricação, manutenção e reparo de volumes acoplado com ensaios para demonstrar o fechamento de cada volume antes de cada expedição.

Art. 80 Assume-se que o sistema de confinamento está refletido direta e completamente por uma camada de pelo menos 20 cm de água ou que uma reflexão maior possa ser produzida pelo material circundante da embalagem. Entretanto, quando se puder demonstrar que o sistema de confinamento permanece no interior da embalagem após esta ser submetida aos ensaios prescritos no Inciso II do Art. 84, pode-se assumir que os ensaios mencionados no Art. 81, III que o volume está rodeado direta e completamente por no mínimo uma reflexão por água de 20 cm.

Parágrafo único. Sistema de confinamento é o conjunto formado pelo material físsil e os componentes de sua embalagem, especificados pelo projetista e aprovado pela autoridade competente, com o objetivo de manter o sistema subcrítico.

Art. 81 O volume deve ser subcrítico sob as condições dos Art. 79 a 80 com as condições do volume que resultem na máxima multiplicação de nêutrons consistente com:

I - Condições rotineiras de transporte (sem incidente);

II - Os ensaios especificados no Art. 83, II; e

III - Os ensaios especificados no Art. 84, II.

Art. 82 Para volumes a serem transportados por via aérea:

I - O volume deve ser subcrítico sob as condições consistentes com os ensaios prescritos no Art. 102 desta Norma, considerando reflexão de pelo menos 20 cm de água, porém não vazamento para dentro do volume; e

II – Na avaliação descrita no Art. 81, serão permitidas as características especiais dos Art. 79 desde que seja evitado o escapamento de água para dentro ou para fora dos espaços vazios quando o volume for submetido aos ensaios do volume Tipo C especificados no Art. 102, seguido do ensaio de fuga de água especificado no Art. 116.

Seção XI

Arranjo de Volumes

Art. 83 Para fins de determinação de subcriticalidade sob condições normais de transporte, deve ser calculado um número “N” tal que 5 vezes “N” volumes não danificados devem ser subcríticos para as condições do arranjo e do volume que resultem na multiplicação máxima de nêutron consistente com o seguinte:

I - Que não haja nada entre os volumes e que o arranjo de volume seja refletido em todos os lados por pelo menos 20 cm de água;

II – O estado dos volumes será a condição avaliada ou demonstrada tal que se houvessem submetidos aos ensaios especificados nos Art. 93 a 98.

Art. 84 Para fins de determinação da subcriticalidade sob condições de acidente de transporte, deve ser calculado um número “N” tal que 2 vezes “N” volumes danificados devem ser subcríticos para as condições do arranjo e do volume que resultem na multiplicação máxima de nêutron consistente com o seguinte:

I - A moderação hidrogenada entre volumes e o arranjo de volume refletido em todos os lados por pelo menos 20 cm de água;

II – Os ensaios especificados nos Art. 93 a 98 seguidos do que for mais restritivo a seguir:

a) os ensaios especificados no Art. 109, II e também do Art. 109, III no caso de volumes contendo uma massa não superior a 500kg e uma densidade total não superior a 1000kg/m³ baseada nas dimensões externas ou Art. 109, I para os demais volumes, seguido do ensaio especificado no Art. 110 e complementado pelo ensaio especificado nos Art. 113 a 116. Ou

b) O ensaio especificado no Art. 111.

III - Quando qualquer parte do material físsil escapar do sistema de contenção após os ensaios especificados no Inciso II deste artigo, deve ser considerado que o material físsil escapa de cada volume no arranjo e todo o material físsil deve ser arranjado na configuração e moderação que resulta na multiplicação máxima de nêutron com reflexão equivalente a pelo menos 20 cm de água.

Art. 85 O Índice de Segurança de Criticalidade para volumes contendo material físsil deve ser obtido pela divisão do número 50 pelo menor de dois valores de N resultantes do cálculo especificado nos Art. 83 e 84 (i.e, $ISC = 50/N$). O valor do ISC pode ser zero, desde que um número ilimitado de volumes seja subcrítico (i.e, N é igual a infinito em ambos os casos).

Subseção I

Especificação de Conteúdos para Avaliação de Subcriticalidade

Art. 86 Na avaliação da subcriticalidade de material físsil em sua configuração de transporte devem ser adotados os seguintes critérios:

I - Para material físsil, cuja forma química ou física, composição isotópica, massa ou concentração, razão de moderação ou densidade, ou configuração geométrica não são conhecidas, a avaliação dos Art. 79 a 84 será feita considerando que cada parâmetro não conhecido tem um valor que resulta na máxima multiplicação de nêutrons, consistente com as condições e parâmetros conhecidos nesta avaliação;

II - Para combustível nuclear irradiado, a avaliação dos Art. 79 a 84 deve ser baseada na composição isotópica demonstrada que prover:

- a) a máxima multiplicação de nêutrons durante a história da irradiação; ou
- b) uma estimativa conservativa da multiplicação de nêutrons para a avaliação do volume. Após a irradiação, porém antes da expedição, será feita uma medição para confirmar que a composição isotópica é conservativa.

Seção XII

Requisitos para Volumes Contendo Hexafluoreto de Urânio

Art. 87 Exceto conforme permitido no Art. 88 desta Norma, hexafluoreto de urânio em quantidades iguais ou superiores a 0,1 Kg deve ser acondicionado e transportado também de acordo com as provisões da Norma Internacional ISO 7195-2005. O volume deve também satisfazer os requisitos contidos nos Art. 88.

Art. 88 Cada volume projetado para conter 0,1 kg ou mais de hexafluoreto de urânio deve ser projetado de modo a satisfazer os seguintes requisitos:

I - Suportar sem vazamento e sem tensão inaceitável, conforme especificado no documento ISO 7195-2005, os ensaios prescritos nesta Norma;

II - Suportar sem perda ou dispersão de hexafluoreto de urânio o ensaio especificado no Art. 96 desta Norma;

III - Suportar sem ruptura do sistema de contenção o ensaio especificado no Art. 110 desta Norma, com exceção do Parágrafo único deste artigo.

IV - Não possuir dispositivos de alívio de pressão.

Parágrafo único. Embora estando sujeitos à aprovação multilateral, os volumes projetados para conter 0,1 kg ou mais de hexafluoreto de urânio poderão ser transportados, desde que os volumes sejam projetados para:

- a. atender normas nacionais ou internacionais, além da ISO 7195-2005, desde que seja mantido um nível equivalente de segurança; e/ou
- b. suportar um ensaio de pressão inferior a 2,76 MPa, conforme especificado no Inciso III deste artigo, sem vazamento e sem tensões inaceitáveis; e/ou
- c. conter 9.000 kg ou mais de hexafluoreto de urânio e os volumes não atenderem aos requisitos do Inciso III deste artigo;
- d. em todos os demais aspectos, os requisitos especificados no Inciso III e IV deste artigo deverão ser cumpridos.

Art. 89 Amostras que contenham ou simulem embalagens projetadas para conter 0,1 kg ou mais de hexafluoreto de urânio deverão ser testadas hidraulicamente com uma pressão interna de pelo menos 1,38 MPa.

I - Quando a pressão de ensaio for inferior a 2,76 MPa, o projeto necessitará de aprovação multilateral.

II - Para repetir o ensaio em embalagens, pode-se aplicar qualquer outro ensaio não destrutivo equivalente, estando este sujeito à aprovação multilateral.

CAPÍTULO VIII ENSAIOS PARA VOLUMES

Seção I Preparação de Amostras para os Ensaios

Art. 90 Antes dos ensaios, a amostra do volume deve ser examinada de modo a identificar possíveis defeitos ou danos, incluindo os seguintes:

- I - Divergência com relação ao projeto;
- II - Defeitos de construção;
- III - Corrosão e outras deteriorações; e
- IV - Distorção de características.

Art. 91 O sistema de contenção da amostra do volume deve estar claramente especificado.

Art. 92 As características externas da amostra do volume devem estar claramente identificadas de modo a tornar simples e precisas as referências a quaisquer partes da amostra.

Seção II Ensaios para Demonstrar a Capacidade de Resistência em Condições Normais de Transporte

Art. 93 As amostras devem ser submetidas aos seguintes ensaios:

- I - Ensaio de jato de água;
- II - Ensaio de queda livre;
- III - Ensaio de empilhamento; e
- IV - Ensaio de penetração.

§ 1º o ensaio de jato de água precederá cada um dos ensaios nos incisos II a IV.

§ 2º pode-se empregar uma única amostra para todos os ensaios desde que as condições do Art. 94 sejam obedecidas.

Art. 94 O intervalo de tempo entre o ensaio com o jato de água e os demais seja tal que a água possa embeber a amostra o máximo possível, sem que a parte externa da amostra fique apreciavelmente seca;

I - Na ausência de qualquer evidência em contrário, o intervalo de tempo deve ser considerado como sendo de 2 horas se o jato de água for aplicado simultaneamente nas quatro direções; e

II - Caso o jato de água seja aplicado sucessivamente nas quatro direções, não há necessidade de se considerar um intervalo de tempo.

Art. 95 Ensaio de Jato de Água: A amostra deve ser submetida a um jato de água que simule uma chuva com uma precipitação de aproximadamente 5 cm por hora durante, no mínimo, 1 hora.

Parágrafo único. Preferencialmente o jato de água deverá ser vertical, cobrindo toda a superfície superior da amostra. Caso as dimensões da amostra dificultem ou impeçam esse método, o jato poderá ser aplicado, simultânea ou sucessivamente, nas quatro direções.

Art. 96 Ensaio de Queda Livre: A amostra deve cair em queda livre sobre um alvo, conforme especificado na Tabela I, de modo a sofrer o máximo de dano com relação aos aspectos de segurança a serem ensaiados, de acordo com os seguintes requisitos:

I - A altura da queda, do ponto mais inferior da amostra até a superfície superior do alvo, deve ser, no mínimo, igual àquela estabelecida na Tabela I.

II - Para volumes de madeira ou fibras aglomeradas retangulares com massas inferiores a 50 kg, uma amostra distinta deve ser submetida a uma queda livre de 0,3 m sobre cada um dos cantos;

III - Para volumes de madeira ou fibras aglomeradas cilíndricos com massas inferiores a 100 kg, uma amostra distinta deve ser submetida a uma queda livre de 0,3 m sobre cada quadrante da aresta.

Parágrafo único. O alvo para o ensaio de queda deverá ser constituído de um bloco rígido e de grande massa, com relação às amostras ensaiadas, e com superfície superior plana, horizontal e, tanto quanto tecnicamente viável, indeformável.

Art. 97 Ensaio de Empilhamento: A menos que a forma da embalagem não permita empilhamento, a amostra deve ser submetida por um período de 24 horas a uma carga de compressão igual a maior das duas seguintes.

I - A equivalente a 5 vezes a massa do volume real; ou

II - A equivalente a 13 kPa multiplicada pela área da projeção vertical do volume.

Parágrafo único. A carga de compressão deve ser aplicada uniformemente à superfície superior da amostra.

Art. 98 Ensaio de Penetração: A amostra deve ser colocada sobre uma superfície rígida, plana e horizontal que não deve se deslocar significativamente durante o ensaio a ser realizado mediante os seguintes procedimentos.

I - Uma barra de aço com uma massa de 6 kg e com uma extremidade hemisférica com 3,2 cm de diâmetro é deixada cair, com o seu eixo verticalmente orientado, na região mais frágil da amostra, de modo que, caso a barra penetre suficientemente na amostra, esta atinja o sistema de contenção; e

II - A altura de queda da barra de aço, medida de sua extremidade inferior até o ponto determinado para sofrer o impacto na superfície superior da amostra deve ser de 1 m.

Parágrafo único. A barra de aço não deverá apresentar deformações significativas após a realização do ensaio;

Seção III

Ensaio adicionais para volumes Tipo A projetados para líquidos e gases

Art. 99 Uma ou mais amostras distintas devem ser submetidas a cada um dos seguintes ensaios, a menos que possa ser demonstrado que, para a amostra em questão, um dos ensaios é mais rigoroso; neste caso, uma das amostras deve ser submetida ao ensaio mais rigoroso:

I - Ensaio de Queda Livre: A amostra deve cair sobre o alvo de modo a sofrer o máximo de dano no que diz respeito à contenção. A altura da queda, medida a partir da parte inferior da amostra até a superfície superior do alvo, deve ser de 9 m. O alvo deverá ser conforme definido no parágrafo único do Art. 96.

II - Ensaio de penetração: A amostra deve ser submetida ao ensaio especificado no Art. 98, exceto que a altura da queda deverá ser aumentada, passando de 1 m, conforme especifica o Inciso II daquele artigo, para 1,7 m.

Parágrafo único - Não é necessária a realização do ensaio de jato de água antes dos ensaios descritos nesse artigo.

Seção IV

Ensaio para Volumes Projetados para Conter Hexafluoreto de Urânio

Art. 100 Amostras que incluem ou simulam embalagens projetadas para conter 0,1 kg ou mais de hexafluoreto de urânio devem ser testadas hidraulicamente a uma pressão interna de pelo menos 1,38 Mpa.

Art. 101 Quando a pressão do ensaio é menor que 2,76 MPa, o projeto necessitará de aprovação multilateral.

Parágrafo único. Para testar embalagens novamente, qualquer outro ensaio não destrutivo equivalente pode ser feito, sujeito à aprovação multilateral.

Seção V **Ensaio para Volumes Tipo C**

Art. 102 As amostras deverão ser submetidas aos efeitos da seguinte sequência de ensaios:

I - Os ensaios especificados nos Art. 109 Incisos I e III, 104 e 105, nesta ordem;

II - O ensaio prescrito no Art. 106.

Art. 103 É permitida a utilização de diferentes tipos de amostras para cada um dos ensaios relacionados no Art. 102.

Art. 104 Ensaio de Perfuração e Ruptura: A amostra deve ser submetida aos efeitos danosos de uma barra maciça vertical feita de aço doce. A posição da amostra de volume e o ponto de impacto na superfície do volume devem ser tais que possam provocar o dano máximo na conclusão da sequência de ensaios prescritos no Art. 102, I.

I - a amostra, representando um volume cuja massa não seja inferior a 250 kg, deve ser posicionada sobre o alvo e submetida a uma barra apresentando uma massa de 250 kg, caindo de uma altura de 3 m sobre o ponto de impacto desejado.

II - Para este ensaio, a barra deve ser cilíndrica com 20 cm de diâmetro, cuja extremidade de impacto forme o tronco de um cone circular com as seguintes dimensões: 30 cm de altura e 2,5 cm de diâmetro no topo, tendo a aresta arredondada com um raio não superior a 6 mm.

III - O alvo sobre o qual a amostra deve ser posicionada deve estar em conformidade com as especificações do Art. 96.

IV - Para volumes com massa de 250 kg ou mais, a base da barra deve ser posicionada num alvo e a amostra deve ser deixada cair sobre a barra.

V - A altura da queda, medida do ponto de impacto com a amostra até a superfície superior da barra, deve ser de 3 m.

VI - A barra para este ensaio deve apresentar as mesmas propriedades e dimensões especificadas no Inciso I deste artigo, salvo que o comprimento e a massa da barra devem ser tais que possam provocar o dano máximo à amostra.

VII - O alvo sobre o qual deve ser posicionada a base da barra deve estar em conformidade com o que especifica o Art. 96.

Art. 105 Ensaio Térmico Intensificado: As condições para este ensaio devem estar em conformidade o Art. 110, salvo a exposição ao ambiente térmico, que deve durar por 60 min.

Art. 106 Ensaio de Impacto: A amostra deve ser submetida a um impacto sobre um alvo a uma velocidade não inferior a 90 m/s, numa posição tal a provocar o dano máximo.

Parágrafo único. O alvo deve estar conforme o prescrito no Art. 96, exceto que a superfície do alvo pode estar em qualquer posição, desde que a superfície esteja perpendicular ao trajeto percorrido pela amostra.

Seção VI **Ensaio para Demonstrar a Capacidade de Resistência** **em Condições Acidentais de Transporte**

Art. 107 A amostra deve ser submetida aos efeitos cumulativos dos ensaios estipulados nos artigos 109 e 110 nesta ordem.

Art. 108 Após a realização dos ensaios, a amostra em questão ou uma amostra distinta deve ser submetida aos efeitos do(s) ensaio(s) de imersão em água, conforme prescritos no artigo 111 e, quando aplicável, no artigo 112.

Art. 109 Ensaio Mecânico: O ensaio mecânico consiste em três diferentes ensaios de queda. Cada amostra deve ser submetida às quedas aplicáveis, conforme especifica o Art. 65 VIII ou Art. 84. A ordem na qual a amostra será submetida a esses ensaios deve ser tal que, após a conclusão o ensaio mecânico, a amostra fique de tal modo danificada que a levará a sofrer o máximo de dano durante o ensaio térmico que seguirá:

I - Queda I: A amostra deve cair sobre o alvo de modo a sofrer o máximo de dano, e a altura da queda, medida do ponto inferior da amostra até a superfície superior do alvo, deve ser de 9 m. O alvo deve ser conforme o define o Art. 96.

II - Queda II: A amostra deverá cair sobre uma barra de aço rigidamente fixada perpendicularmente sobre o alvo, de modo a sofrer o máximo dano. A altura da queda, medido do ponto de impacto na amostra até a superfície superior da barra, deverá ser de 1 m. A barra deve ser de aço doce maciço, de seção circular com $15.0 + 0.5$ cm de diâmetro e 20 cm de comprimento, salvo se uma barra mais comprida puder provocar um dano maior, caso em que será utilizada uma barra apresentando o comprimento suficiente para causar o máximo dano. A extremidade superior da barra deverá ser plana e horizontal, e a sua aresta deverá ser arredondada com um raio não superior a 6 mm. O alvo sobre o qual a barra será montada deve corresponder à descrição contida no Art. 96.

III - Queda III: A amostra deve ser submetida a um ensaio dinâmico de esmagamento em que será posicionada sobre o alvo de modo a sofrer o máximo dano, provocado pela queda de uma massa de 500 kg, de uma altura de 9 m, sobre a amostra. A massa deve consistir de uma placa maciça de aço doce de 1 m x 1 m, que deve cair horizontalmente sobre a amostra. A face inferior da placa de aço deve ter suas arestas e cantos arredondados com um raio não superior a 6 mm. A altura da queda deve ser medida a partir da parte inferior da placa até o ponto mais alto da amostra. O alvo sobre qual a barra será montada deve corresponder à descrição contida no Art. 96.

Art. 110 Ensaio Térmico: A amostra deve estar em equilíbrio térmico, a uma temperatura ambiente de 38°C, estar sujeita às condições de insolação especificadas na Tabela 2 e apresentar o coeficiente máximo de geração interna de calor proveniente do conteúdo radioativo, permitido no projeto do volume. Alternativamente, qualquer um destes parâmetros pode apresentar valores diferentes antes e durante o ensaio, desde que eles sejam devidamente levados em conta na subsequente avaliação do comportamento do volume.

O ensaio térmico deve consistir dos Incisos I, seguido pelo Inciso II:

I - Expor uma amostra por um período de 30 minutos num ambiente térmico que forneça um fluxo de calor pelo menos equivalente ao de um fogo resultante da queima de um combustível hidrocarbonado com ar, em condições ambientes suficientemente calmas para prover um coeficiente de emissividade média da chama de 0,9 e uma temperatura média de pelo menos 800°C, envolvendo inteiramente a amostra, com um coeficiente de absorção superficial de 0,8, ou do valor que o volume deve demonstrar possuir caso seja exposto ao fogo acima especificado.

II - Expor a amostra a uma temperatura ambiente de 38°C, nas condições de insolação especificadas na Tabela 2 e estando sujeita ao coeficiente máximo de geração interna de calor proveniente do conteúdo radioativo, permitido no projeto do volume, por um período suficiente para garantir que as temperaturas dentro da amostra estejam decrescendo por toda parte e/ou estejam se aproximando das condições iniciais de equilíbrio. Alternativamente, qualquer um destes parâmetros pode apresentar valores diferentes após cessar o aquecimento, desde que eles sejam devidamente levados em conta na subsequente avaliação do comportamento do volume. Durante e depois do ensaio, a amostra não deve ser resfriada artificialmente e deve-se deixar prosseguir naturalmente qualquer combustão de materiais da amostra.

Art. 111 Ensaio de Imersão em Água: A amostra deve ser imersa sob uma massa de água de pelo menos 15 m, por um período não inferior a 8 horas, na posição que acarretará o máximo dano.

Parágrafo único. Para fins de demonstração, uma pressão manométrica externa, no mínimo igual a 150 kPa, deve ser adotada.

Seção VII

Ensaio de Imersão Intensificado para Volumes Tipo B(U) e Tipo B(M) Contendo mais de 10^5 A₂ e Volume Tipo C

Art. 112 Ensaio Intensificado de Imersão em Água: A amostra deve ser imersa sob uma massa de água de pelo menos 200 m durante um período não inferior a 1 hora.

Parágrafo único. Para fins de demonstração, uma pressão manométrica externa, no mínimo igual a 2 MPa, deve ser adotada.

Seção VIII

Ensaio de Vazamento para Volumes Contendo Material Físsil

Art. 113 Este ensaio não se aplica às embalagens para as quais o vazamento de água, tanto para dentro como para fora da amostra, que possa resultar em maior reatividade, tenha sido considerado nas avaliações especificadas nos Art. 79 a 84.

Art. 114 Antes que a amostra seja submetida ao ensaio de vazamento de água descrito abaixo, deve ser submetida aos ensaios prescritos no Art. 109, II, conforme exigido no Art. 84 e no ensaio especificado no Art. 110.

Art. 115 Antes do ensaio, a amostra deve ser submetida aos ensaios estabelecido no Art. 51.

Art. 116 A amostra deve ser imersa sob uma massa de água de pelo menos 0,9 m, por um período não inferior a 8 horas e na posição capaz de acarretar o máximo de vazamento.

Seção IX

Verificação da Integridade do Sistema de Contenção e da Blindagem e Avaliação da Segurança de Criticalidade

Art. 117 Após a realização dos ensaios ou grupo de ensaios estabelecidos nos Art. 89 a 106, deve-se:

I - Identificar e registrar defeitos e danos;

II - Verificar se a integridade do sistema de contenção e da blindagem estão de acordo com as exigências estabelecidas no Capítulo V desta para os volumes ensaiados; e

III - Para volumes contendo material físsil, verificar se as premissas e as condições utilizadas nas avaliações prescritas nos Art. 73 a 85 para um ou mais volumes são válidas.

Art. 118 O ISC para volumes contendo material físsil deverá ser obtido ao dividir o número 50 pelo menor dos dois valores de N calculados nos Art. 83 e 84 (ou seja, $ISC = 50/N$).

Parágrafo único. O valor do ISC pode ser zero, desde que um número ilimitado de volumes seja subcrítico. Isto é, N é efetivamente igual a infinito em ambos os casos.

Seção X

Requisitos para Materiais Desobrigados da Classificação Físsil

Art. 119 Os materiais desobrigados da classificação “FÍSSIL” pelo Art. 41 da Norma CNEN-NN-5.01 deverão estar subcríticos sem necessitar de controle de acumulação, de acordo com as seguintes condições:

I - As condições estabelecidas no Art. 73 desta Norma;

II - Condições conformes com as disposições de avaliação contidas nos Art. 83 e 84 desta Norma para volumes; e

III - As condições especificadas no Art. 82 desta Norma, no caso de transporte aéreo.

ANEXO I Definições e Siglas

Ensaio é a operação técnica que consiste na determinação de uma ou mais características de um dado produto, processo ou serviço, de acordo com um procedimento especificado.

Volume é o resultado completo da operação de embalagem, consistindo na embalagem com seu conteúdo, preparados para o transporte. Os tipos de volumes aos quais se aplicam os limites de atividade definidos nesta Norma são:

Volume Exceptivo;

Volume Industrial Tipo 1 (VI-1);

Volume Industrial Tipo 2 (VI-2);

Volume Industrial Tipo 3 (VI-3);

Volume Tipo A;

Volume Tipo B(U);

Volume Tipo B(M);

Volume Tipo C.

Embalagem Tipo H é a embalagem projetada para transportar hexafluoreto de urânio não físsil ou físsil exceptivo.

Volume Tipo H(M) é o volume constituído de embalagem Tipo H, contendo hexafluoreto de urânio não físsil ou físsil exceptivo que requer *aprovação multilateral* do projeto.

Volume Tipo H(U) significa volume constituído de embalagem Tipo H, contendo hexafluoreto de urânio não físsil ou físsil exceptivo que requer somente *aprovação unilateral* do projeto.

Uso Exclusivo refere-se ao uso, com exclusividade, por um único expedidor, de uma unidade de transporte ou de um grande contentor de modo que quaisquer operações de carga e descarga sejam realizadas segundo orientação do expedidor ou do destinatário.

Volume Exceptivo é o volume no qual a embalagem, do tipo industrial ou comercial comum, contém pequena quantidade de material radioativo com atividade limitada de acordo com o Art. 27, sendo projetado para satisfazer os requisitos de projeto referidos no Art. 40, conforme aplicável.

Sobre-embalagem é um volume tal como uma caixa ou saco, usado por um único expedidor para que uma expedição de um ou vários volumes sejam consolidados em uma unidade manuseável, para conveniência de manuseio, acondicionamento e transporte.

Índice de Transporte (IT) é um número atribuído a um volume, sobre-embalagem, tanque ou contentor com material radioativo, ou a material BAE-I ou OCS-I a granel, com a finalidade de prover controle da exposição à radiação.

Volume Tipo A é o volume constituído de embalagem Tipo A e de conteúdo radioativo sujeito a limite de atividade conforme estabelecido nos Art. 42 e 43 desta Norma, sem necessidade de aprovação do projeto pela CNEN, exceto se contiver material físsil.

Embalagem Tipo A é a embalagem projetada para suportar as condições rotineiras de transporte com o grau de retenção da integridade de contenção e blindagem exigido por esta Norma.

Sistema de Contenção é o conjunto de componentes da embalagem especificamente projetado para reter o material radioativo durante o transporte.

Pressão Máxima de Operação Normal é a pressão máxima, acima da pressão atmosférica ao nível médio do mar, que poderia se desenvolver no sistema de contenção no período de um ano, sob as condições de temperatura e radiação solar correspondentes às condições ambientais de transporte, na ausência de sistema de alívio, de resfriamento externo por sistema auxiliar, ou de controles operacionais durante o transporte.

Sistema de confinamento é o conjunto formado pelo material físsil e os componentes de sua embalagem, especificados pelo projetista e aprovado pela autoridade competente, com o objetivo de manter o sistema subcrítico.

Urânio Enriquecido significa urânio contendo mais de 0,72% em massa de urânio-235 e uma quantidade muito pequena de urânio-234.

Tabela 1
Distância de Queda Livre para Ensaio de Volumes em
Condições Normais de Transporte

Massa do Volume (M) (kg)	Distância de Queda Livre (m)
$M < 5000$	1,2
$5000 \leq M < 10000$	0,9
$10000 \leq M < 15000$	0,6
$M \geq 15000$	0,3

Tabela 2
Dados de Insolação

Forma e localização da superfície	Insolação para 12 horas por dia (W/m^2)
Superfícies planas transportadas horizontalmente: - Base - Outras superfícies	Nenhuma 800
Superfícies planas não transportadas horizontalmente: - Cada superfície	200 ^(a)
Superfícies curvas	400 ^(a)

^a alternativamente, uma função seno pode ser usada, adotando-se um coeficiente de absorção e desprezando-se os efeitos de reflexos possíveis, provenientes de objetos vizinhos.

Tabela 3
Valores de Z para o cálculo do ISC de acordo com o Art. 75

Enriquecimento ^a	Valor de Z
Superfícies planas transportadas horizontalmente:	
- Urânio enriquecido em até 1,5%	2200
- Urânio enriquecido acima de 1,5% em até 5%	850
- Urânio enriquecido acima de 5% em até 10%	660
- Urânio enriquecido acima de 10% em até 20%	580
- Urânio enriquecido acima de 20% em até 100%	450

^a Caso o volume contenha urânio com diferentes níveis de enriquecimento em urânio-235. Então o valor correspondente ao maior nível de enriquecimento deverá ser usado como valor de Z.