

BR8920810

ISSN 0101-3084

CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

**CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA A DEPOSIÇÃO DE
REJEITOS RADIOATIVOS**

Barbara Maria Rzycki

PUBLICAÇÃO IPEN 239

JANEIRO/1989

SÃO PAULO

**CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA A DEPOSIÇÃO DE
REJEITOS RADIOATIVOS**

Bárbara Maria Rzyski

DEPARTAMENTO DE CICLO DE COMBUSTÍVEL

**CNEN/DP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E52.00

**INTERMEDIATE-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
WASTE DISPOSAL
WASTE MANAGEMENT**

IPEN - Doc - 3115

Aprovado para publicação em 13/12/88.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

ACCEPTANCE CRITERIA FOR RADIOACTIVE WASTE DEPOSITION

Barbara Maria Rayski

ABSTRACT

The disposal of low- and intermediate-level radioactive waste in either shallow ground or rock cavities must be subjected to special guidelines which are used by national authorities and implementing bodies when establishing and regulating repositories. These informations are given by the acceptance criteria and will depend on specific site conditions and optimized procedures.

CRITERIOS DE ACEITAÇÃO PARA A DEPOSIÇÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS

RESUMO

A deposição de rejeitos radioativos de nível baixo e intermediário em locais pouco profundos da superfície ou em cavidades rochosas deve sujeitar-se a um roteiro que é usado pelas autoridades nacionais e o corpo técnico ao estabelecer e regulamentar os repositórios. Estas informações são dadas pelos critérios de aceitação e dependem das condições específicas do local e da otimização de procedimentos.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	CRITÉRIOS GERAIS	6
2.1	CONTEÚDO DE RADIONUCLÍDEOS	6
2.2	TAXA DE DOSE SUPERFICIAL	9
2.3	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL	9
2.4	ESTABILIDADE ESTRUTURAL	10
2.5	LIXIVIABILIDADE	11
2.6	MATERIAIS CORROSIVOS	12
2.7	EFEITOS TÉRMICOS E DA RADIAÇÃO	12
2.8	COMBUSTIBILIDADE	13
2.9	GERAÇÃO DE GASES	13
2.10	DEGRADAÇÃO CAUSADA POR MICROORGANISMOS	14
2.11	PRESENÇA DE LÍQUIDOS LIVRES	15
2.12	AGENTES COMPLEXANTES	15
2.13	MATERIAIS EXPLOSIVOS	16
2.14	MATERIAIS PIRÓFOROS	16
2.15	RESISTÊNCIA À CORROSÃO	16
2.16	CRITICALIDADE	17
2.17	IDENTIFICAÇÃO DOS EMBALADOS	17
2.18	CONFIGURAÇÃO DAS EMBALAGENS	18
2.19	GASES COMPRIMIDOS E MATERIAIS TÓXICOS	18
3.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

O isolamento, efetivo e seguro dos rejeitos radioativos do homem e de outras espécies vivas, depende dos procedimentos utilizados no sistema de deposição. Este sistema compõe-se do local, das barreiras de engenharia e dos embalados e é denominado repositório final. A existência de um repositório tem como objetivo assegurar que não haja nenhum prejuízo causado pela radiação a qualquer espécie viva ao longo do tempo.

Os Critérios de Aceitação¹⁾ formam um conjunto de requisitos que os embalados devem atender em relação às condições específicas do repositório. Eles poderão ser adaptados às características do local ou de projetos especiais. Na verdade, o gerenciamento de rejeitos radioativos torna-se mais correto e seguro quando é conhecido o local do repositório e a forma de deposição. Isto é válido para qualquer tipo de rejeito e conteúdo de radionuclídeos.

Os requisitos constantes dos Critérios de Aceitação abrangem as duas fases do repositório: a fase operacional e a pós-operacional.

Na fase operacional os embalados, aceitos para deposição, são segregados pelo tipo de rejeito e armazenados até a deposição final. Depois que certa cota de embalados é atingida, os mesmos são isolados conforme as normas que regem uma operação sem incidentes. Sob condições anormais, isto é, de incidentes ou de acidentes, podem ocorrer: queda ou rompimento do embalado, liberação de radionuclídeos, explosão dos embalados, fogo etc. O incidente mais comum é a queda ou outro tipo de dano físico ao embalado, durante a manipulação.

Na fase pós-operacional, quando o sítio é fechado para as operações de deposição, devem ser considerados: migração de águas subterrâneas, crescimento da vegetação, movimentação de animais e escape de gases para a atmosfera. Em condições anormais podem ocorrer: falhas na barreira, eventos naturais (terremotos, inundações) e intrusão do homem, seja intencional ou não.

Os sítios para deposição de rejeitos radioativos não se limitam a repositórios em locais pouco profundos da superfície ou cavidades rochosas. Dependendo da categoria do rejeito os embalados podem ser depositados em camadas profundas do solo ou de rochas.

Para simplificar a escolha dos sítios, mais adequados ao tipo de rejeitos, a Agência Internacional de Energia Atômica, IAEA, propôs a classificação dos rejeitos em categorias para fins de repositório⁽²⁾:

- Categoria I : Rejeitos de nível alto, contendo emissores de meia vida longa;
- Categoria II : Rejeitos de nível intermediário, contendo emissores de meia-vida longa;
- Categoria III : Rejeitos de nível baixo, contendo emissores de meia-vida longa;
- Categoria IV : Rejeitos de nível intermediário, contendo emissores de meia-vida curta, e
- Categoria V : Rejeitos de nível baixo, contendo emissores de meia-vida curta.

Os locais situados em camadas pouco profundas da superfície podem acolher rejeitos das Categorias IV e V, Figura 1. Os rejeitos das Categorias II, III, IV e V podem ser depositados em cavidades rochosas, Figura 2, e aqueles classificados na Categoria I serão depositados em camadas geológicas profundas (700 a 1500 m), Figura 3. Os países, em geral, aceitam esta classificação ou modificam-na conforme os seus próprios critérios de gerenciamento de rejeitos radioativos.

O isolamento adequado dos rejeitos da biosfera depende de três fatores interrelacionados:

- embalagens adequadas para cada tipo de rejeito;
- repositório propriamente dito (incluindo as barreiras construídas);
- região onde se localiza o repositório (meio geológico circunvizinho que representa a barreira natural).

A caracterização do rejeito e do embalado, com vistas ao repositório final, é resultante do compromisso existente entre a embalagem e o rejeito, esteja ele condicionado ou não.

O sistema organizacional do repositório engloba a segregação dos embalados recém chegados, a seleção dos locais de deposição, o posicionamento de cada grupo de embalados nas trincheiras e a escolha dos procedimentos durante as fases operacional e pós-operacional, incluindo-se, em todos eles, o controle de qualidade.

As situações, nas fases operacional e pós-operacional, distinguem-se em certos aspectos, se os locais para deposição forem diferentes. Por exemplo, para depositar rejeitos em cavidades rochosas, em vez de fazê-lo na superfície, é necessário analisar um número de parâmetros

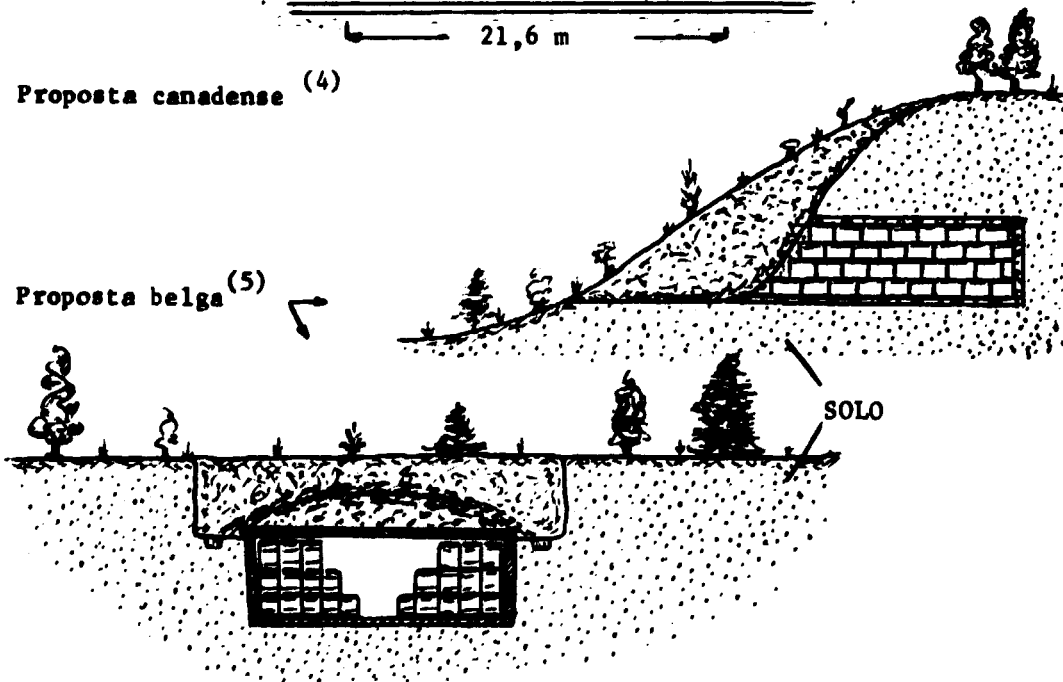
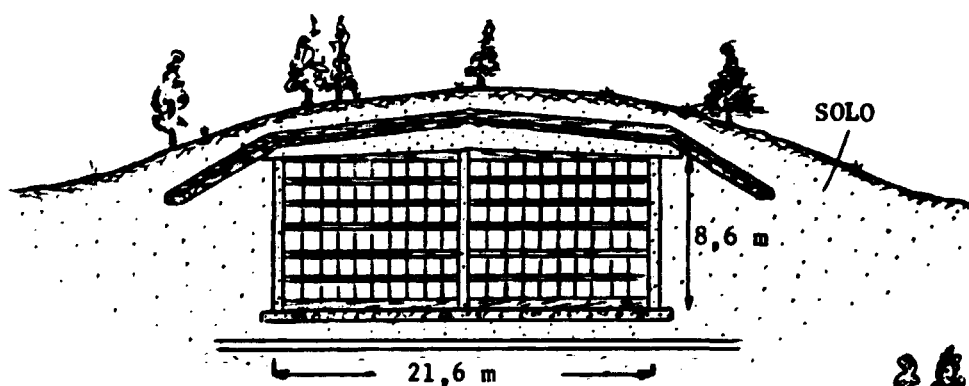
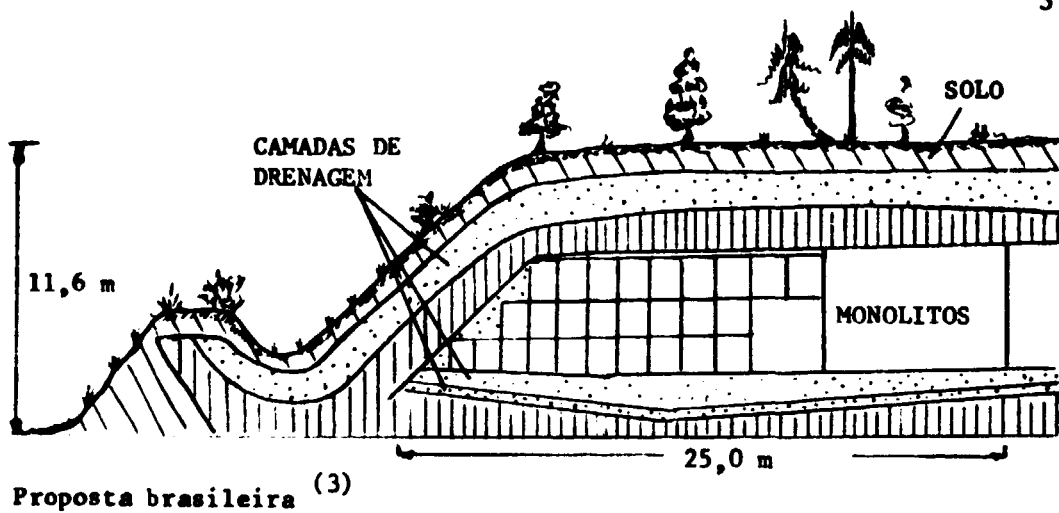


Figura 1 - Exemplos de deposição de rejeitos radioativos em locais pouco profundos da superfície.

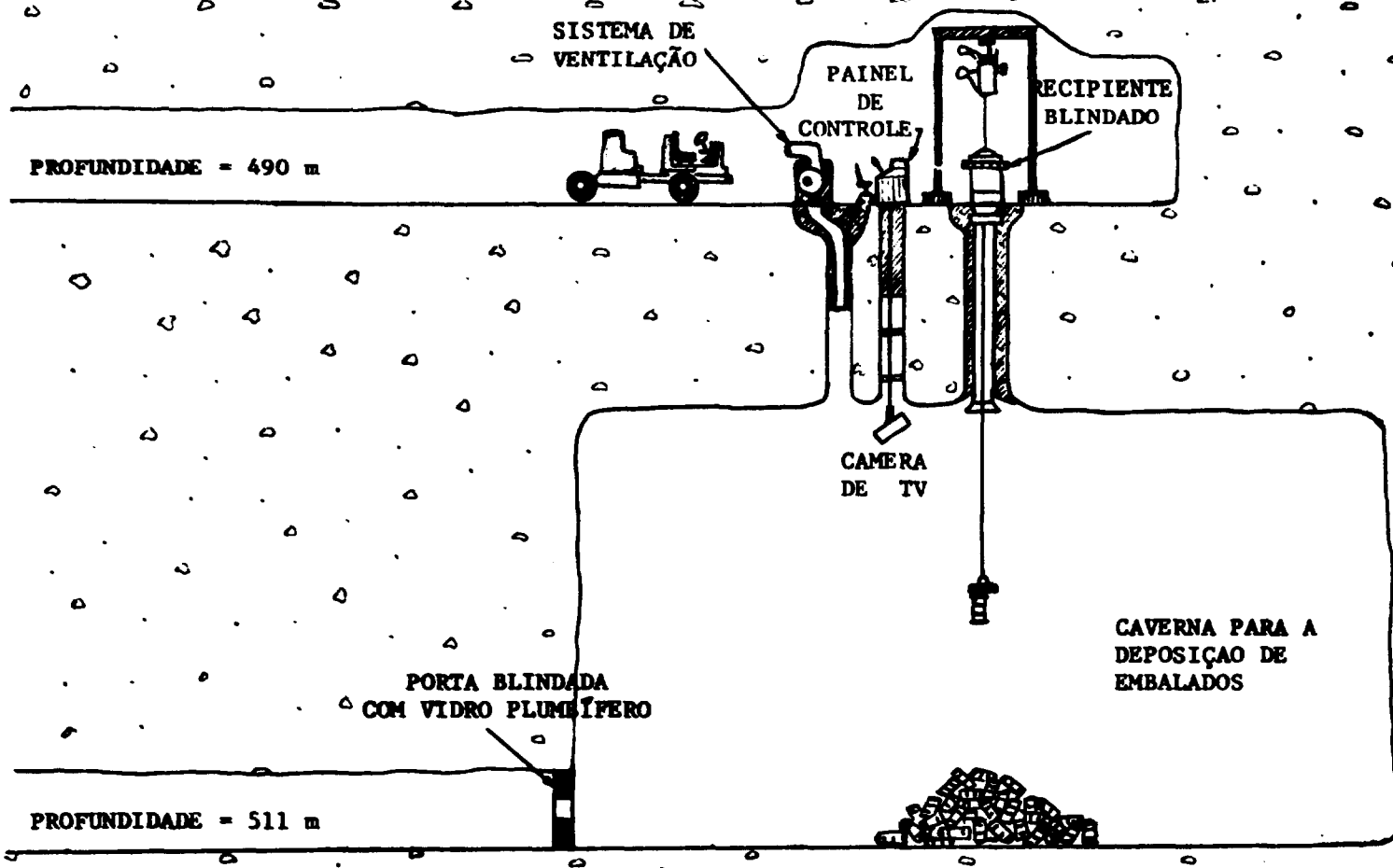


Figura 2 - Sistema de deposição de rejeitos radioativos, em mina de sal desativada, em Asse-Alemanha Oc, (6)

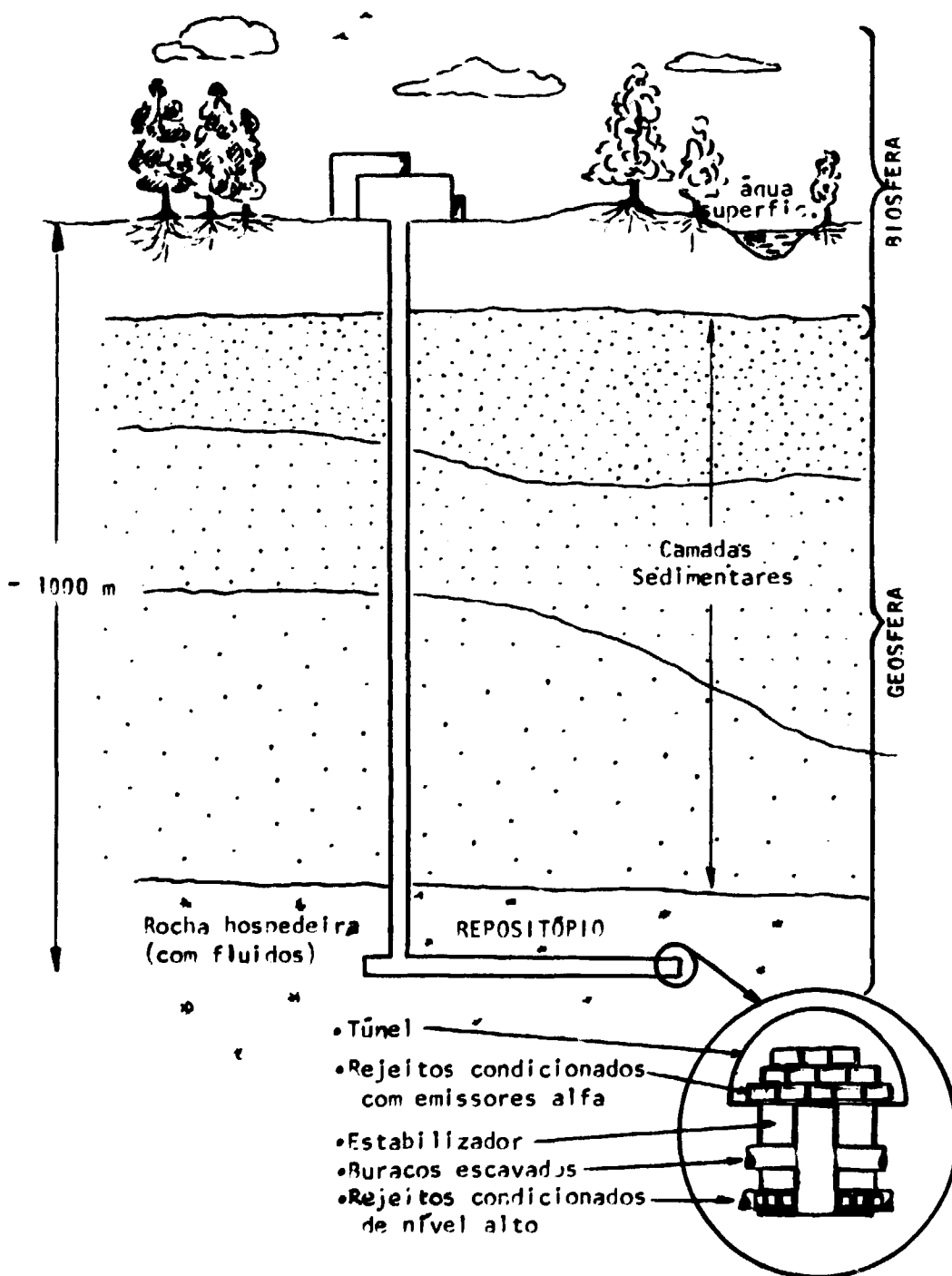


Figura 3 - Esquema de um sistema para deposição de rejeitos de nível alto.

maior . A segurança do repositório, dependerá do tipo de rocha, das formações geológicas vizinhas, das características do rejeito, do tipo de embalagem etc. Nestes locais, em situações anormais, pode ocorrer: movimento do substrato rochoso, falha na barreira, inundações ou intrusão humana. A intrusão de animais ou da vegetação podem ser desprezadas.

Os critérios aplicados no período operacional e pós-operacional podem sofrer algumas mudanças, de uma fase para a outra, porque o tipo de deposição, na superfície ou em cavidade rochosas, tem uma variação de comportamentos na fase pós-operacional. A Figura 4 ilustra essas diferenças.

Uma vez esgotada a capacidade de um repositório, a fase operacional termina com o fechamento e o isolamento do mesmo. Os passos envolvem a construção de barreiras no entorno dos embalados, usando, por exemplo, argila, solo, pedregulho, concreto, fechamento das entradas das áreas de deposição, criação e construção de paredes ou coberturas que impeçam a intrusão humana e de animais .

Repositórios em que a deposição seja feita em locais pouco profundos ou em cavidades rochosas, recebem rejeitos sólidos ou solidificados que contenham quantidades limitadas de radionuclídeos. Esses rejeitos que se compõem de materiais com características físicas, químicas e físico-químicas diferentes somados a compostos não radioativos degradáveis ou não, podem ter essas características modificadas ao longo do tempo. Por isso esses rejeitos são condicionados, para não expo-los diretamente na biosfera. Para que o isolamento seja mais efetivo, foi criado um conjunto de características associadas aos embalados que devem ser obedecidas. Essas características limitam a aceitação de embalados que se encontrem fora das normas pré-estabelecidas. Desta maneira os embalados contendo rejeitos, saem das instituições dentro dos padrões estabelecidos de integridade, estanqueidade e taxa de exposição para durarem por muitos anos. Os Critérios de Aceitação expressam esses requisitos. A Tabela I mostra, em resumo, os critérios e a exigência para cada tipo de categoria de rejeitos radioativos.

2. CRITÉRIOS GERAIS

2.1 CONTEÚDO DE RADIONUCLÍDEOS

O conteúdo refere-se a natureza, quantidade e concentração de radionuclídeos no rejeito.

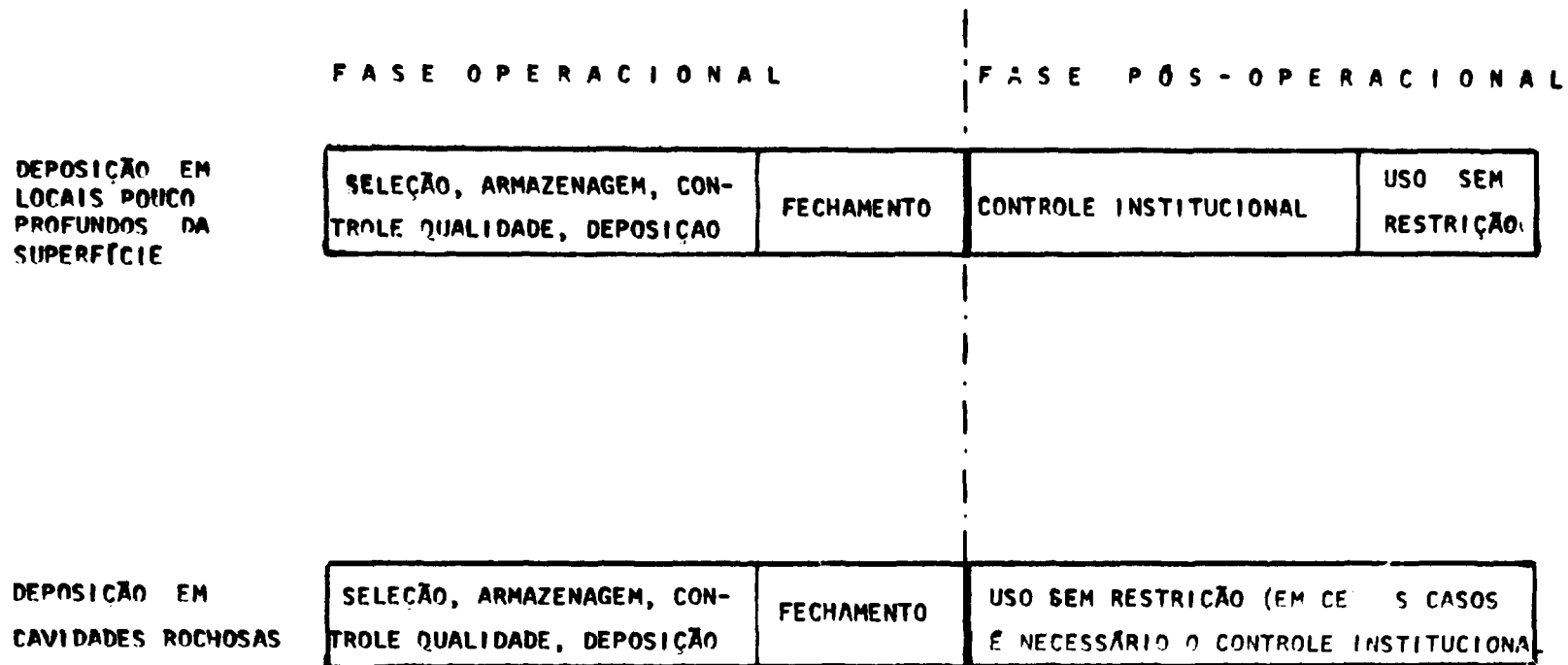


Figura 4 - Distinção das fases operacional e pós-operacional do repositório para rejeitos radioativos de níveis baixo e intermediário.

Tabela 1 - Critérios de aceitação para as diferentes categorias de rejeitos radioativos no repositório final, para deposição em camadas pouco profundas da superfície ou em cavidades rochosas.

CRITÉRIO	PERÍODO OPERACIONAL		PERÍODO PÓS-OPERACIONAL				
	REPOSITÓRIO FINAL Cat. II a V	TERRENOS POUCO PROFUNDOS		CAVIDADES ROCHOSAS			
		Cat. IV	Cat. V	Cat. II	Cat. III	Cat. IV	Cat. V
Radionuclídeos Presentes	•	•	•	•	•	•	•
Taxa de Dose Superficial	•	-	-	-	-	-	-
Contaminação Superficial	•	-	-	-	-	-	-
Estabilidade Estrutural	•	•	o	•	•	•	o
Lixiviação	o	•	•	•	•	•	•
Materials Corrosivos	•	•	•	•	•	•	o
Efeitos Térmicos e de Radiação	o	•	o	•	•	•	o
Combustibilidade	•	o	o	o	o	o	o
Geração de Gases	•	o	o	•	•	•	•
Degradação Microbiana	o	o	o	•	•	•	o
Líquidos Livres	o	•	•	o	o	o	o
Agentes Complexantes ou Quelos	o	•	•	•	•	•	•
Materials Explosivos	•	•	•	•	•	•	•
Materials Piróforos	•	•	•	•	•	•	•
Resistência à Corrosão	•	•	o	o	o	o	o
Criticalidade	o	o	o	•	•	o	o
Identificação dos Embalados	•	o	o	o	o	o	o
Configuração dos Embalados	•	-	-	-	-	-	-

• Exigido o Exigência limitada - Não exigido

CRITÉRIO : "O tipo e o conteúdo de radionuclídeos no embalado deverá ser conhecido com precisão suficiente para assegurar a obediência aos limites autorizados. O embalado deverá estar adequadamente documentado".

No caso em que se coloque os embalados em locais pouco profundos da superfície ou em cavidades rochosas é necessário conhecer as atividades específicas e a quantidade total de radionuclídeos. A definição desses dois parâmetros é de competência da autoridade nacional. Portanto, estes aspectos devem ser verificados com técnicas específicas e procedimentos de garantia de qualidade para que os limites não sejam ultrapassados.

2.2 TAXA DE DOSE SUPERFICIAL

A taxa de dose refer-se ao nível de radioatividade medido em qualquer ponto da superfície do embalado, e depende da natureza e conteúdo de radionuclídeos, da geometria do rejeito condicionado na embalagem e da embalagem usada.

CRITÉRIO : "A taxa de dose superficial no embalado deverá ser tal que os níveis das exposições ocupacionais permaneçam nos limites aceitáveis".

Geralmente embalados com rejeitos de nível baixo não requerem cuidados especiais. Porém, os rejeitos de nível intermediário, podem exigir cuidados como blindagens, técnicas de manipulação com controle remoto etc. Qualquer variação na homogeneidade de distribuição dos radionuclídeos pode causar taxas de dose variáveis, nos diversos pontos do embalado.

Uma vez no repositório, garantindo-se a estabilidade de seus parâmetros e o isolamento do público, não se necessita tomar providências adicionais.

2.3 CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL

A contaminação superficial é atribuída à contaminação na superfície externa do embalado.

CRITÉRIO : "A contaminação superficial do embalado não deverá ultrapassar os limites de modo que a exposição ocupacional seja mantida em níveis aceitáveis".

Toda contaminação superficial, acima dos limites permitidos, afeta os operadores. Por outro lado a contaminação, sendo transferível, pode depositar-se em locais fora dos limites do repositório, bem como aumentar a liberação de radionuclídeos no processo de liberação inicial. Antes do embalado ser transportado para o repositório deve-se verificar se existe algum tipo de contaminação, identificá-la e tomar medidas necessárias para eliminá-la.

2.4 ESTABILIDADE ESTRUTURAL

É a capacidade do rejeito manter-se íntegro ao longo do tempo, conservando as suas características químicas e físicas e retardando os processos de decomposição. A estabilidade estrutural refere-se também a resistência à dispersão dos radionuclídeos.

CRITÉRIO : "A estabilidade estrutural do rejeito, ou do embalado, deverá ser tal que as exposições ocupacionais permaneçam em níveis aceitáveis e que os procedimentos do sistema de deposição sejam assegurados".

A estabilidade estrutural e a integridade física do conteúdo ou do embalado durante a manipulação, transporte, armazenagem e deposição. Esta integridade pode ser inerente ao conteúdo ou ser uma propriedade da embalagem que garanta a estabilidade após a deposição. O conteúdo deve ser suficientemente íntegro, por exemplo ter resistência mecânica adequada, resistência química, não ser biodegradável. Disso decorrem as características que limitam a escolha da matriz de imobilização, necessidade de se remover certos radionuclídeos, diminuir ao máximo os vazios no conteúdo e no embalado etc.

Normalmente o que se deseja é a integridade do conteúdo antes de se limitar as características do embalado. Neste caso incluem-se as fontes radioativas seladas, certos componentes de reatores e peças de concreto contaminadas. Embora haja casos em que o conteúdo não obrigatoriamente necessite de estabilidade estrutural, mas que algumas de

suas características sejam melhoradas no processo de tratamento/condicionamento.

Caso o rejeito não possua estabilidade estrutural é necessário que a embalagem seja mais segura, e garanta a integridade durante o manuseio e armazenagem do embalado. A embalagem necessita apresentar resistência ao calor, às pressões interna e externa e ao choque mecânico.

O uso de embalagens padrão, tambores de aço, permite que se aplique procedimentos de manipulação pré-estabelecidos. As embalagens precisam resistir à compressão axial porque devem suportar pressões causadas pelo empilhamento e cobertura. Deve-se também levar em conta a possível geração de gases por efeito de radiólise. As falhas na integridade da embalagem podem ser diminuídas com o preenchimento dos espaços vazios no embalado.

A resistência da embalagem pode também ser afetada pelas mudanças de temperatura, caso o embalado fique exposto à intempérie. Se isto ocorrer, devem ser tomadas providências atinentes para acompanhar o comportamento ao longo do tempo.

2.5 LIXIVIABILIDADE

É a tendência de um sólido ter seus constituintes, solúveis, adsorvidos e/ou suspensos, removidos por dissolução, ou erosão, provocada por água, ou outro fluido qualquer, quando em contacto com o mesmo. Esta remoção é chamada lixiviação. O termo lixiviação é geralmente usado no gerenciamento de rejeitos radioativos para descrever a remoção de substâncias solúveis das matrizes de imobilização ou a remoção de materiais absorvidos na superfície dos sólidos ou leitos porosos.

CRITÉRIO : "A lixiviabilidade do rejeito deverá ser tal que a saída de radionuclídeos não exceda os limites definidos nas exigências do repositório como um todo".

Uma das formas mais diretas de transferência dos radionuclídeos para a biosfera é a lixiviação dos mesmos, causada por águas de intrusão (inundação, aumento do fluxo do lençol freático etc). Embora no repositório deva haver barreiras, seria necessário investigar os processos químicos da lixiviação e em que as mudanças eventuais, na formação de misturas rejeitos/matriz, podem afetar a lixiviação. A preocupação deverá ser maior com aqueles emissores de meia-vida longa, porque então a integridade da matriz, com esse

tipo de rejeito, precisa ser aumentada. É necessário que o rejeito e a matriz de imobilização sejam quimicamente compatíveis para que não haja degradação ao longo do tempo.

A durabilidade química do rejeito, ou do rejeito condicionado, permite: reter os radionuclídeos e prevenir ou retardar a sua lixiviação e resistir às mudanças químicas que poderiam afetar a lixiviabilidade ou a estabilidade física. A durabilidade química pode ser estendida melhorando alguns parâmetros do tratamento do rejeito, usando-se aditivos ou reforçando as estruturas das embalagens.

2.6 MATERIAIS CORROSIVOS

Os materiais corrosivos podem afetar a matriz de imobilização, a superfície interna ou externa da embalagem, diminuindo a sua resistência ao longo do tempo. A corrosão, seja ela provocada por ações físicas, ou por agentes químicos, afeta a integridade do embalado.

CRITÉRIO : "Os rejeitos, que contenham materiais corrosivos (ácidos inorgânicos, álcalis e certos tipos de sais), em quantidades que possam afetar o comportamento do repositório, deverão ser tratados para diminuir ou eliminar a corrosividade, ou ainda deverão ser embalados de modo a isolá-los da matriz de imobilização ou da embalagem".

Os agentes corrosivos deverão ser identificados, para adequar quimicamente o rejeito durante o tratamento ou o condicionamento. Estas ações diminuirão o potencial de lixiviabilidade do embalado.

2.7 EFEITOS TÉRMICOS E DA RADIAÇÃO

Os efeitos térmicos e da radiação originam-se do decaimento radioativo e dos radionuclídeos presentes nos rejeitos.

CRITÉRIO : "Os embalados cujas emissões térmicas ou radioativas possam comprometer o repositório não deverão ser aceitos para deposição".

O comportamento térmico e o aumento da temperatura não são importantes para rejeitos das categorias III e V, embora para as categorias II e IV a temperatura do embalado possa ficar acima da temperatura ambiente por períodos longos. Este efeito térmico pode afetar a estabilidade estrutural do embalado, deixando-o mais vulnerável ao processo de lixiviação. Conforme o país, os efeitos térmicos e da radiação, poderão ser limitados diminuindo-se a carga de rejeitos no embalado ou aumentando-se a resistência das embalagens. Algumas matrizes podem ser mais ou menos resistentes à radiação. Por exemplo, no cimento não se observa nenhum efeito para doses absorvidas integradas até 10^6 Gray (10^{10} rad) para rejeitos das Categorias II e III.

Quando as matrizes de imobilização contiverem rejeitos com emissores alfa, o cuidado deve ser maior porque os deslocamentos atômicos causados pelas partículas alfa é cerca de cem vezes maior que aqueles provocados pelos emissores beta-gama. Cerca de 99 % desses deslocamentos são causados pelos núcleos de recuo. Os efeitos tardios são a degradação, inchamento e formação de gases principalmente quando da imobilização de rejeitos orgânicos. Se a matriz for do tipo não poroso, os danos aparecerão sob a forma de fissuras, resultando numa área superficial maior.

2.8 COMBUSTIBILIDADE

CRITÉRIO : "A combustibilidade dos rejeitos ou do embalado, deverá ser a menor possível quando expostos ao fogo".

Os rejeitos combustíveis devem ser tratados ou embalados de modo a torná-los não inflamáveis. Por isso deve-se tomar cuidados especiais com a fração orgânica (papel, polímeros, resinas orgânicas, solventes etc) contida nos rejeitos de níveis baixo e intermediário e mesmo certos materiais de imobilização, por exemplo betume. O potencial de combustibilidade pode ser reduzido, segregando os rejeitos em inflamáveis e não inflamáveis.

2.9 GERAÇÃO DE GASES

A geração de gases pode resultar de reações entre certas combinações de rejeitos e matrizes, por decaimento radioativo, radiólise, corrosão ou decomposição de materiais orgânicos do rejeito.

CRITÉRIO : "A geração de gases, no rejeito imobilizado, deverá ser tal que não comprometa o sistema de deposição".

Todo o gás gerado poderá aumentar a pressão interna da matriz e conseqüentemente da embalagem. É importante assegurar que esta pressão não cause danos ao embalado porque as emissões gasosas, cujas pressões sejam suficientemente altas, poderão afetar, além do embalado, as barreiras de engenharia que por sua vez poderão permitir a transferência de radionuclídeos para a biosfera.

Se a geração de gases no rejeito imobilizado for excessiva, podendo causar problemas à integridade do embalado, deve-se estimar a taxa de liberação, levando em conta a porosidade do rejeito imobilizado, a taxa de geração de gases, o espaço livre na embalagem bem como o volume total da mesma.

2.10 DEGRADAÇÃO CAUSADA POR MICROORGANISMOS

Os rejeitos que contenham material orgânico, tem chance muito grande de se degradarem pela ação microbiana.

CRITÉRIO : "Para controlar a degradação causada por micróbios, a quantidade de material orgânico, no rejeito a ser imobilizado, deverá ser controlada de modo a não comprometer o sistema de deposição".

Todo o material orgânico pode deteriorar-se pela ação de microorganismos, resultando na redução da estabilidade física do repositório. A deterioração da matriz causa o aparecimento de vazios inter-matriciais, comprometendo o sistema como um todo. As outras conseqüências são: mudanças de estados químicos dos radionuclídeos para formas mais solúveis e formação de complexos orgânicos que permitem a mobilidade maior dos íons radioativos. Como conseqüência o número de espécies lixiviáveis torna-se maior. A geração de gases, nestes casos, aumentaria a pressão interna do embalado podendo afetar o repositório como um todo.

Embora a presença de agentes microbianos e/ou espécies orgânicas seja comum no repositório final, e recomendável que se limite a quantidade de materiais biológicos e de rejeitos orgânicos nas embalagens para a deposição final.

2.11 PRESENÇA DE LÍQUIDOS LIVRES

Os líquidos livres são aqueles provenientes das matrizes de imobilização, por exemplo pastas de cimento, ou dos rejeitos incorporados. Estes líquidos não ficam presos à matriz e podem aumentar o potencial de migração de radionuclídeos durante o transporte, armazenagem e a deposição final no local definitivo do repositório, bem como após a deposição.

CRITÉRIO : "A quantidade de líquidos livres nos embalados de rejeitos deverá ser suficientemente pequena para assegurar que as exposições ocupacionais sejam mantidas em níveis aceitáveis e que o desempenho do sistema de deposição não seja comprometido".

Pode-se eliminar os líquidos livres aplicando formulações rejeitos/matriz adequadas. O modo mais comum é usar materiais absorventes e que não reajam quimicamente com a matriz ou o rejeito, ou usar embalagens de integridade alta.

A quantidade de líquidos livres é limitada pelas autoridades de cada país e pelas condições do repositório. Em regiões áridas os limites podem ser maiores.

2.12 AGENTES COMPLEXANTES OU QUÉLOS

Agentes complexantes e quélos são elementos de composições químicas com a propriedade de "pinçar" outros elementos químicos. Por isso são muito usados em soluções de descontaminação, mas, uma vez no rejeito, têm o inconveniente de aumentar o potencial de migração de certos radionuclídeos. Esses compostos também poderão ser formados durante a decomposição radiolítica de certos tipos de materiais orgânicos, por exemplo as aminas formadas pela decomposição radiolítica de resinas de troca iônica.

Ácidos amino - policarboxílicos (EDTA, DTPA), ácidos hidroxicarboxílicos e ácidos policarboxílicos (ácido cítrico, ácido carbólico e ácido glucínico) são alguns exemplos deste tipo de agentes.

CRITÉRIO : "Os rejeitos imobilizados que contenham complexantes ou quélos deverão ser tratados ou embalados para prevenir o aumento da migração de radionuclídeos".

A quantidade de agentes complexantes ou quelos deverá ser limitada de acordo com as características da matriz e do repositório.

2.13 MATERIAIS EXPLOSIVOS

Podem existir certos tipos de rejeitos com características explosivas ou tornarem-se potencialmente explosivos quando combinados com certos materiais de solidificação. Os embalados que contiverem gases sob pressão podem provocar o rompimento da embalagem e comprometer o desempenho do sistema de deposição a longo prazo.

CRITÉRIO : "Embalados que contenham materiais explosivos não deverão ser aceitos no repositório".

Todos os rejeitos que contenham materiais detonantes ou instáveis deverão ser removidos dos embalados antes de serem enviados ao repositório final.

2.14 MATERIAIS PIRÓFOROS

Os materiais piróforos são substâncias que podem inflamar espontaneamente no ar.

CRITÉRIO : "Rejeitos contendo materiais piróforos deverão ser tratados ou condicionados de modo a eliminar os riscos que seriam provocados por tais substâncias, antes da deposição final".

Para reduzir a probabilidade de fogo, os materiais piróforos deverão ser retirados dos embalados.

2.15 RESISTÊNCIA À CORROSÃO

A corrosão pode ser causada por solapamento, destruição ou erosão por agentes líquidos, acelerando a decomposição do embalado. Se o rejeito radioativo contiver agentes corrosivos a corrosão afetará a matriz de imobilização e a embalagem.

CRITÉRIO : "Os recipientes deverão ter uma resistência à corrosão suficiente para que possam atender os requisitos de destino e manuseio".

Muitos rejeitos de níveis baixo e intermediário são embalados em recipientes economicos fabricados, por exemplo, com chapas finas de aço doce e que podem ser corroídas internamente pela matriz e/ou pelo rejeito ou, na parte externa, por agentes ambientais, por exemplo água, micróbios etc.

Os critérios de aceitação dos recipientes deverão conter dados sobre as embalagens de acordo com as exigências do repositório e poderão ser mais restritivos dependendo do tipo de rejeito.

2.16 CRITICALIDADE

A criticalidade ocorre se a quantidade de material físsil, no rejeito por embalagem, exceder os limites permitidos ou se ocorrer uma reconcentração causada pela movimentação dos materiais físséis entre os embalados.

CRITÉRIO : "A quantidade de materiais físséis no rejeito radioativo, por embalado, deverá ser limitada para que as condições de criticalidade não ocorram".

Os rejeitos de níveis baixo e intermediário não têm uma quantidade de materiais físséis em excesso, embora, se ocorrer a lixiviação dos mesmos no repositório pode acontecer que, em alguns pontos da instalação, essa quantidade possa se tornar crítica. Dessa forma, após uma análise da provável criticalidade, devem ser estabelecidos limites da quantidade de material físsil por embalado.

2.17 IDENTIFICAÇÃO DOS EMBALADOS

CRITÉRIO : "Todo o embalado deverá ser identificável com facilidade".

Os embalados deverão ser identificados com uma etiqueta, onde constem informações sobre o conteúdo, para facilitar a sua deposição de forma apropriada. As especificações referentes à localização, tamanho, cor, conteúdo etc, deverão estar de acordo com as exigências dos

regulamentos que pedem: legibilidade, clareza e padronização dos embalados.

2.18 CONFIGURAÇÃO DAS EMBALAGENS

CRITÉRIO : "As embalagens deverão ser padronizadas para compatibilizá-las com as operações de manipulação e procedimentos de deposição".

As embalagens deverão, tanto quanto possível, ser padronizadas para simplificar a manipulação no repositório, e mantê-la segura. Se o equipamento de manipulação for padronizado também, facilitará o manuseio e evitará acidentes. Todos os embalados que não tenham formas padronizadas poderão ser aceitos desde que a autoridade competente assegure que os operadores estarão protegidos durante a manipulação e a deposição.

2.19 GASES COMPRIMIDOS E MATERIAIS TÓXICOS

As discussões à respeito da redação dos Critérios de Aceitação para gases comprimidos ou materiais tóxicos no repositório final ainda estão em andamento. No entanto pode-se verificar que já existem certas recomendações a respeito:

- os rejeitos radioativos gasosos podem ser estocados em embalagens cilíndricas pressurizadas. A aceitação para a deposição em cavidades rochosas ou na superfície deverá ser analisada pelas autoridades nacionais, tendo em vista o perigo de se estocar este tipo de material. Dever-se-á fornecer dados sobre o tipo de gás, as propriedades e a quantidade embalada, a pressão e as formas possíveis de fugas.

- os rejeitos de níveis baixo e intermediário podem conter materiais tóxicos e danosos, por exemplo mercúrio, arsênio, cianeto etc. Estes materiais podem causar, a longo prazo, danos maiores à saúde do que os componentes radioativos desse mesmo rejeito. O tratamento, condicionamento ou deposição deverão ser bem cuidados e as autoridades de cada país determinarão, quando necessário, os limites por embalado.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY *Acceptance Criteria for Disposal of Radioactive Wastes in Shallow Ground and Rock Cavities*, Vienna, 1985. (IAEA SS, 71).
- (2) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY *Underground Disposal of Radioactive Wastes, Basic Guidance*, Vienna, 1981. (IAEA SS, 54).
- (3) FRANZEN, H.R. *Radioactive Wastes: Technical Solutions Perspectives*. In: SÃO PAULO (ESTADO) ACADEMIA DE CIÊNCIAS. *Science and Technology: IV Japan-Brazil Symposium on ...*, held in São Paulo, 11-12 August, 1988 (ACIESP, 60-IV).
- (4) BUCKLEY, L.P., PHILIPSE, K.E., TOROK, J. *Engineered Barriers and their Influence on Source Behaviour*. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Management of Low- and Intermediate-Level Radioactive Wastes: International Symposium on ...*, held in Stockholm, Sweden, 16-20 May, 1988. (IAEA - SM -303/120) (preprint).
- (5) MANFROY, P., HEREMANS, R., KOCKEROLOS, P., ZEEVAERT, T. *Etude Préliminaire sur les Possibilités d'Enfouissement Terrestre de Déchets Conditionnés de Faible Radioactivité en Belgique*. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Sitting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes: Proceedings of International Symposium on ...*, held in Hanover, 3-7 March 1986. Vienna 1986. p.59-75.
- (6) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY *Conditioning of Low- and Intermediate-Level Radioactive Wastes*, Vienna, 1983. (Technical Reports Series, 222).