



ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL - SDC
DIRETORIA DE RESPOSTA AOS DESASTRES
GERÊNCIA DE OPERAÇÕES E ASSISTÊNCIA



**ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS PARA A
CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM DE CONTENÇÃO
DE CHEIAS NO RIO ITAJAÍ MIRIM A MONTANTE DA
CIDADE DE BOTUVERÁ/SC**

FASE A – DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

TOMO III – PROJETO BÁSICO

**VOLUME III - COMPOSIÇÃO DOS CONCRETOS E
ARGAMASSAS**

**Consórcio: IGUATEMI - Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
KL – Serviços de Engenharia S.A.**

JUNHO - 2014

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. PERFURAÇÕES E INJEÇÕES.....	7
2.1. Objeto	7
2.2. Programa.....	7
2.3. Equipamentos.....	8
2.4. Calda de cimento.....	9
2.5. Tubos-guia	9
2.6. Lavagem e ensaio das perfurações	10
2.7. Método executivo geral das injeções	11
2.8. Injeções ao longo da barragem/vertedouro	14
2.9. Injeção do tampão do túnel	14
2.10. Proteção a drenos e trabalhos de limpeza.....	15
2.11. Controle e registro dos trabalhos de perfuração, ensaio e injeção	15
3. CONCRETO CONVENCIONAL	15
3.1. Generalidades.....	15
3.2. Cimento Portland.....	16
3.3. Agregados.....	18
3.4. Estudos de dosagem	25
3.5. Mistura.....	29
3.6. Transporte e distribuição.....	29
3.7. Lançamento e adensamento	30
3.8. Cura e proteção	34
3.9. Juntas no concreto	35
3.10. Acabamentos	39
3.11. Tolerâncias de construção	41
3.12. Reparos no concreto.....	42
3.13. Formas	43
3.14. Concreto projetado	45
3.15. Concreto pré-moldado	48
4. CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR).....	49

4.1.	Objeto	49	
4.2.	Ensaio.....	49	
4.3.	Materiais	50	
4.4.	Composição dos concretos e argamassa	51	
4.5.	Central para concreto compactado a rolo.....	52	
4.6.	Arranque da fundação	52	
4.7.	Transporte.....	53	
4.8.	Lançamento	54	
4.9.	Espalhamento do concreto.....	57	
4.10.	Adensamento	57	
4.11.	Cura	58	
4.12.	Juntas	58	
4.13.	Formas	59	
4.14.	Execução da junção entre o CCR e os concretos convencionais	59	59
4.15.	Drenagem e galerias	59	
4.16.	Ensaio de controle	60	
4.17.	Pista experimental.....	61	
4.18.	Instrumentação.....	62	
5.	ARMADURAS, BARRAS DE ANCORAGEM, TIRANTES E TELAS DE AÇO SOLDADAS.....	62	
5.1.	Objeto	62	
5.2.	Aço para armaduras e barras de ancoragem.....	62	
5.3.	Barras de ancoragem.....	65	
5.4.	Tirantes.....	66	
5.5.	Tirantes passantes	67	
5.6.	Telas de aço soldadas	68	

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O presente relatório, intitulado VOLUME III - COMPOSIÇÃO DOS CONCRETOS E ARGAMASSAS, é parte integrante do Projeto Básico dos Estudos de Engenharia para OBRAS DE CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE CHEIAS NO RIO ITAJAÍ MIRIM A MONTANTE DA CIDADE DE BOTUVERÁ/SC. Fazem parte do Projeto Básico de Engenharia os seguintes volumes:

- Volume I – Memorial Descritivo;
- Volume II – Caderno de Desenhos;
- Volume III – Composição de Concretos e Argamassas;
- Volume V – Especificações Técnicas;
- Volume V-A – Especificações Técnicas de Equipamentos Elétricos e Mecânicos;
- Volume VI – Orçamento;
- Volume VII – Relatório Síntese.

O relatório foi elaborado pelas empresas IGUATEMI - Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda e KL – Serviços de Engenharia S.A. em conformidade com o Contrato celebrado com a Secretaria de Estado da Defesa Civil, cujos elementos principais estão relacionados a seguir.

Número do Contrato :	021/2013
Data de Assinatura do Contrato :	31/10/2013
Número da Ordem de Serviço :	62/2013/SDC
Data de Assinatura da Ordem de Serviço :	01/11/2013
Prazo Contratual :	365 dias

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

As presentes Especificações Técnicas Composição dos Concretos e Argamassas para as estruturas integrantes da Barragem de Botuverá têm por objetivo definir os requisitos dos concretos, argamassas e outros insumos a serem utilizados na construção das estruturas do aproveitamento.

Deverão ser integralmente seguidas pelo(s) empreiteiro(s) civil(is) contratado(s) para a execução das obras, incluindo, porém não se limitando a, as seguintes estruturas:

- a. Desvio do rio;
- b. Barragem e vertedouro;
- c. Casa de comando;
- d. Descarregadores de fundo;
- e. Válvulas dispersoras;
- f. Bacias de dissipação;
- g. Subestação.

2. PERFURAÇÕES E INJEÇÕES

2.1. Objeto

São descritos nesta seção os serviços de injeções de caldas de cimento ou argamassa para impermeabilização, consolidação e contato.

Basicamente, estes serviços incluem, sem necessariamente se limitar a:

- preparo, dosagem e injeção de calda de cimento e argamassa;
- preenchimento e acabamento dos furos de injeção terminados;
- limpeza das áreas após o término dos trabalhos e todas as demais operações relacionadas com trabalhos de perfuração e injeção de calda de cimento.

2.2. Programa

Os trabalhos previstos, sem limitação de outros julgados necessários, serão os seguintes:

- injeções da cortina de impermeabilização e furos da cortina de drenagem ao longo da barragem e vertedouro, túnel de desvio, além de outros locais em que venham a ser necessários;
- injeções de argamassa e injeções de contato e impermeabilização no tampão do túnel de desvio e no tamponamento das aberturas superiores no bloco da barragem;
- injeções de consolidação na fundação das ombreiras da barragem.

2.3. Equipamentos

Todos os equipamentos de perfuração e injeção utilizados deverão ser do tipo, capacidade e condição mecânica apropriados para a execução dos trabalhos. Os equipamentos e sua disposição na Obra deverão atender a todos os requisitos aplicáveis, de regulamentos e normas, relativos à segurança. Não será permitido o emprego de motores de combustão para a operação dos equipamentos de perfuração e injeção das galerias de drenagem ou outras áreas fechadas.

2.3.1. Equipamento para Injeção

Todos os equipamentos para dosagem e injeção de calda de cimento deverão ser sempre mantidos em ótimas condições de funcionamento e a sua aferição poderá ser requerida a qualquer momento. Qualquer furo de injeção desperdiçado ou danificado devido a falha mecânica do equipamento, imperícia do operador ou insuficiência do suprimento da injeção, deverá ser refeito.

O equipamento de injeção deverá consistir de uma unidade injetora completa, para cada local onde operações de injeção estejam sendo executadas. A capacidade de cada unidade injetora deverá ser de, no mínimo, 150 l/min, quando operando a uma pressão de descarga de 14 kgf/cm². Cada unidade injetora deverá incluir, no mínimo, o seguinte:

- uma bomba do tipo avanço-com-rosca, capaz de conservar uma pressão de descarga a mais uniforme possível e de operar a uma pressão máxima de 21 kgf/cm²;
- um misturador mecânico de alta velocidade, para preparar calda de cimento;
- um ou mais depósitos de agitação mecânica, com capacidade mínima igual a três vezes a produção das bombas e para a descarga máxima especificada, adequadamente graduados e equipados com peneiras;
- um tanque ou dispositivo equivalente, para o suprimento da água a ser usada nas operações de ensaios, de lavagem dos furos sob pressão e de injeção de água nas tubulações e equipamentos;
- hidrômetros de precisão, graduados em litro e fração de litro, devidamente aferidos;
- um manômetro aferido, adequadamente graduado, de alta precisão, para verificação dos demais manômetros antes do início de cada operação de injeção;
- válvulas, manômetros, mangueiras de pressão, linhas de alimentação, obturadores, peneira vibratória, ferramentas comuns, em quantidade e da qualidade necessárias para prover um fornecimento contínuo de calda de cimento e controle acurado das pressões;
- uma bomba especial para injeção de argamassa de areia, cimento e água.

A CONSTRUTORA deverá dispor de equipamentos sobressalentes suficientes para garantir a continuidade dos serviços nos casos de problemas mecânicos.

A disposição do equipamento injetor deverá ser tal que possa prover uma circulação contínua de calda de cimento em todo o sistema e permita um controle acurado da pressão, por menor que seja a quantidade de calda injetada.

A distância máxima entre o agitador e a bomba injetora não deverá exceder 10 m e a distância entre a bomba injetora e o furo a ser injetado não deverá ultrapassar 50 m, a não ser que seja introduzido um agitador intermediário. Por meio de lavagens periódicas com água, dever-se-á evitar que o equipamento e as tubulações se obstruam devido à deposição de calda.

No circuito de injeção, não será permitido o emprego de tubulações ou acessórios com diâmetro interno inferior a 38 mm e hastes com diâmetro interno inferior a 25 mm.

2.4. Calda de cimento

A calda deverá ser composta, basicamente, de água e cimento, mas poderá receber, a adição de areia, pozolana ou outros materiais considerados necessários. As dosagens da calda variarão de acordo com as condições encontradas para atender às características de cada trecho de furo, como descrito adiante.

2.4.1. Água

A água usada nas caldas deverá obedecer às especificações técnicas. A CONSTRUTORA será a responsável pelo fornecimento de toda a água necessária para as perfurações e injeções.

2.4.2. Cimento

O cimento empregado na calda deverá ter superfície específica (Blaine) igual ou superior a 4.000 cm²/g, atendendo às exigências da ABNT NBR-5732 e NBR-5736 no que se refere às demais características. Nas injeções de preenchimento de vazios ou nas obturações de furos, poderão ser utilizados cimentos com finura Blaine inferior a 4.000 cm²/g. Somente será aceito o cimento acondicionado em sacos de papel.

Uma quantidade suficiente de cimento deverá ser armazenada nas proximidades do local de trabalho, para assegurar que as operações de injeção não sejam interrompidas ou retardadas devido à sua falta. O cimento poderá ser rejeitado na eventualidade de conter partículas aglomeradas ou matéria estranha, de natureza e em quantidade tais que possam ser prejudiciais às operações de injeção.

Para as injeções de consolidação deverá ser empregado cimento com índice de finura elevada, compatível com as características da rocha fraturada da fundação.

2.4.3. Areia

A areia empregada deverá ser natural, bem graduada, passante na peneira nº 16 e atender, no que refere à qualidade, às demais especificações técnicas.

2.5. Tubos-guia

As perfurações no concreto serão geralmente executadas usando-se tubos - guia colocados através da armadura. Estes tubos serão de PVC rígido, com diâmetro indicado

nos Desenhos. Os tubos para a injeção da cortina principal não precisam ser rosqueados e, após a abertura dos furos, nos intervalos entre trabalhos, deverão ser mantidos fechados por meio de tampões de madeira.

Em furos de drenagem ou para instrumentação e em furos de injeção adicionais a serem efetuados a partir das galerias, os tubos guia devem ser rosqueados e providos de tampas apropriadas.

No caso de furos a serem feitos diretamente na rocha, para injeção ou drenagem, deverão ser colocados tubos guia instalados em furos de diâmetro maior, com argamassa de cimento e areia, penetrando 0,3 m na rocha e sobressaindo 0,1 m da superfície.

2.6. Lavagem e ensaio das perfurações

2.6.1. Lavagem dos furos

Todos os furos e, especialmente, os executados a percussão, deverão ser lavados antes de qualquer operação de ensaio e injeção.

Esta lavagem deverá constar de uma limpeza inicial por meio de jatos de água e ar, com o emprego de mangueira com tubo metálico na extremidade ou dispositivo adequado, de modo a remover os detritos da sondagem pela boca do furo.

Subseqüentemente, no caso de furos próximos intercomunicantes, será feita uma lavagem por circulação de água sob pressão, cujo objetivo será o de remover argila e eventuais materiais terrosos das fraturas da rocha, por circulação de água entre furos. Esta lavagem sob pressão será executada imediatamente antes dos ensaios de perda de água, com o obturador já posicionado no furo, usando-se pressão igual à do ensaio e será considerada terminada quando somente água limpa emergir dos furos vizinhos. Em furos estanques, que não se comuniquem com furos próximos, esta lavagem sob pressão será eliminada.

2.6.2. Ensaios de furos exploratórios e de verificação

Os ensaios de perda de água sob pressão nos furos exploratórios deverão ser executados à medida em que o furo estiver sendo aberto, em trechos de aproximadamente 3 m nos primeiros 15 m de profundidade e 6 m daí em diante. Os ensaios serão executados, salvo instrução em contrário, em 3 estágios de pressão, usando-se a seqüência pressão mínima, pressão máxima, pressão mínima. A pressão máxima será igual a 0,25 Hob (em kgf/cm²), onde Hob é a profundidade do obturador expressa em metros na vertical. A pressão mínima será sempre igual a 0,1 kgf/cm².

Os furos de verificação serão ensaiados em trechos de comprimento variado, de acordo com as zonas de injeção utilizadas no trecho em questão, em apenas um estágio, usando-se pressão igual àquela utilizada para a injeção desta zona.

A duração de cada estágio, tanto em furos exploratórios como em furos de verificação, será de 10 minutos, contados do final do período de estabilização de pressões. Em cada estágio, quando as perdas de água forem nulas, o ensaio poderá ser interrompido após o terceiro minuto e, quando as perdas de água forem inferiores a 1 l/min/m, o ensaio poderá ser interrompido após 5 minutos de trabalho. Em furos exploratórios, caso os dois primeiros estágios apresentem perdas nulas, o terceiro estágio poderá ser suspenso.

Em quaisquer destes furos, poderá ser requisitada a execução de ensaios com obturadores duplos, diminuindo o espaçamento entre os mesmos em sucessivos estágios, a fim de se verificar a efetiva localização das perdas de água.

2.6.3. Ensaios de furos de injeção

Os furos de injeção serão ensaiados em cada zona logo após o término da lavagem sob pressão, caso esta tiver sido executada, em um único estágio com pressão igual à de injeção para o mesmo trecho. O ensaio terá a duração de 5 minutos, contados após a estabilização das pressões. Caso as perdas de água sejam nulas nos primeiros 2 minutos, o ensaio poderá ser suspenso. Caso as perdas sejam muito elevadas, o ensaio poderá ser repetido em trechos mais curtos. Prevê-se que serão efetuados ensaios na maioria dos furos primários e terciários, mas que o número de ensaios poderá ser diminuído nos secundários.

2.6.4. Cuidados a serem observados nos ensaios

Sempre que forem encontradas perdas totais de água de perfuração durante a execução de furos de qualquer tipo (menos os de drenagem), a sondagem deve ser interrompida e a profundidade da perda cuidadosamente determinada. Em seguida, deve ser feito um ensaio de perda de água no trecho em questão.

Não devem ser executados ensaios ou operações de lavagem sob pressão em furos situados a menos de 30 m de outros que estejam sendo injetados ou tenham sido injetados a menos de 24 horas.

2.7. Método executivo geral das injeções

2.7.1. Definições

a) Zona e estágio

Entende-se por zona, a área da cortina de impermeabilização individualizada por uma profundidade parcial pré-determinada. As profundidades previstas das cortinas e zonas, assim como o espaçamento dos furos de injeção, são mostrados nos Desenhos. Não obstante, estas profundidades e espaçamentos irão variar de acordo com as condições locais encontradas durante a execução do serviço.

Por estágio, entende-se o trecho de furo isolado em uma zona qualquer. O comprimento real de um estágio depende das condições geológicas encontradas durante as perfurações. Este poderá variar desde uma fração até a profundidade total da zona e será delimitado principalmente pela perda ou ressurgência da água de sondagem em quantidades apreciáveis.

b) Seção

Uma seção é um trecho ao longo da cortina, em que não serão permitidas operações de injeção simultaneamente com operações de perfuração, lavagem e ensaio de perda de água. Tanto quanto praticável, a cortina de injeção será subdividida em seções, de modo a facilitar as operações da CONSTRUTORA.

c) Método de espaçamento divisional

O método de espaçamento divisional é o processo pelo qual se realizam furos adicionais de injeção a meia distância de dois furos previamente perfurados e injetados.

d) Injeções por estágios ascendentes

A injeção pelo método ascendente consiste em executar um furo em todo seu comprimento ou em prolongar um furo a uma profundidade pré-determinada e injetá-lo, a partir do fundo, a diferentes profundidades, através do emprego de obturadores.

e) Injeções por estágios descendentes

A injeção por estágios descendentes consiste em executar um furo até uma profundidade determinada, injetá-lo neste trecho, limpá-lo antes da calda atingir um grau de pega que exija re-perfuração, deixar a calda admitida atingir a pega, abrir o furo até nova profundidade, injetar o novo trecho e assim por diante, por tantos estágios de perfuração e injeção quantos sejam necessários.

f) Injeções de cortina

Consiste a injeção de cortina na impermeabilização profunda da fundação, sob as estruturas de concreto e zonas intermediárias, por meio de uma ou mais linhas de furos dispostos como indicado nos Desenhos. Ela será executada pela perfuração e injeção em zonas sucessivas, empregando o processo de injeção por estágios descendentes ou ascendentes e pelo método do espaçamento divisional. Em locais onde for considerado necessário, poderão ser executados furos adicionais de injeção, até se atingir o grau desejado de impermeabilização.

g) Injeções de consolidação

Injeções efetuadas a baixa pressão para consolidar a fundação nos locais em que a rocha se apresentar muito fraturada, conforme indicado nos Desenhos.

h) Injeções executadas para vedar contatos concreto - rocha ou concreto - concreto, onde necessário.

i) Injeções de argamassa

Injeções efetuadas a baixa pressão usando argamassa de cimento, areia e água para enchimento de vazios entre concreto e rocha, entre concreto e concreto no tampão do túnel.

2.7.2. Pressões de injeção

As pressões de injeção a serem empregadas nos trabalhos variarão com as condições encontradas nos furos. De maneira geral as pressões ficarão situadas na faixa entre 0,25 kgf/cm² e 15 kgf/cm². Em nenhuma hipótese, a pressão e/ou a vazão de bombeamento poderão ser aumentadas, repentinamente.

2.7.3. Dosagens da calda de cimento

Nos trabalhos de injeção poderão ser empregadas caldas constituídas por cimento (comum ou pozolânico) e água, ou argamassa de cimento (comum ou pozolânico), areia e água, com eventual adição de pozolana e/ou fluidificantes. A relação água/cimento, por volume, variará de acordo com as características de cada furo, como reveladas pela operação de injeção, e geralmente oscilará entre 3 e 0,6.

As características das caldas para o início das injeções serão função dos testes de pressão, utilizando-se de caldas mais grossas para permeabilidades elevadas.

Se, devido à dimensão e continuidade da fratura, após bombear um volume razoável de calda com a menor relação água-cimento que possa ser trabalhada, considerar-se impossível atingir a pressão exigida, o bombeamento deverá ser diminuído ou interrompido temporariamente. Injeções intermitentes serão então executadas, dando tempo suficiente, entre as injeções, para que a calda comece a endurecer. Se o resultado desejado não for obtido, poderá ser determinada a paralisação do serviço. Nesta eventualidade, o furo deverá ser limpo, deixando que a calda se solidifique pelo tempo julgado necessário, devendo-se, então, efetuar injeções adicionais neste furo ou em outros perfurados nas áreas adjacentes, até que se consiga um resultado satisfatório.

Depois de terminada a injeção de qualquer estágio de um furo, a pressão deverá ser mantida por uma válvula até que a calda se solidifique ao ponto de permanecer retida no furo. A calda que não puder ser injetada, por qualquer razão, dentro de duas horas após a mistura, deverá ser inutilizada.

2.7.4. Realização das injeções

O sistema de injeção deverá ser tal que a calda de cimento possa ser introduzida tanto dentro de todo o furo como em diferentes profundidades do mesmo, mediante emprego de obturadores. O equipamento principal e as conexões do sistema de injeção, para cada furo, deverão ser como segue.

A calda de cimento deverá ser colocada em um depósito, agitada mecanicamente, próximo à bomba injetora. A tubulação de descarga da bomba injetora deverá conter um manômetro e deverá ser ligada a uma conexão T. Um lado da conexão T deverá ser ligado ao tubo de injeção por meio de um registro e um manômetro. A finalidade do registro é a de manter a pressão após cessado o fornecimento de calda. O outro lado da conexão T deverá ser ligado a um cano de retorno ao depósito, por meio de um registro. A finalidade deste registro é a de auxiliar a regulagem da pressão, sob a qual a calda é introduzida no furo. A CONSTRUTORA deverá manter uma circulação constante de calda e deverá lavar o sistema, periodicamente, com água, para evitar a obstrução do equipamento e tubulações.

Quando se verificar a tendência à obstrução do furo, por desmoronamento, a CONSTRUTORA deverá empregar o sistema de injeção em circuito, introduzindo a calda por meio de um tubo estendendo-se até o fundo do furo.

Caso ocorram vazamentos de calda, a CONSTRUTORA deverá calafetar os locais de vazamento.

A injeção de qualquer furo será considerada encerrada quando a absorção de calda tornar-se nula ou suficientemente pequena.

2.7.5. Obturação dos furos

Após o término das injeções, cada furo deverá ser cuidadosamente obturado com calda grossa (A/C de 0,5:1 em peso) assegurando-se seu completo preenchimento com esta calda. Para isso, deve-se introduzir a calda com auxílio de mangueira, a partir do fundo do furo, incluindo, se julgado necessário, a desobstrução parcial ou total do furo.

Caso a obturação seja feita algum tempo após a injeção do furo, este deve ser mantido fechado com um tampão de madeira ou outro método, até a sua obturação final.

2.8. Injeções ao longo da barragem/vertedouro

As injeções a serem executadas na barragem/vertedouro consistirão de uma linha de furos localizada ao longo de uma laje de concreto deixado no lado de montante destas estruturas. Elas seguirão o método e a sequência determinados pelo projeto, de acordo com as condições de fundação encontradas. A este respeito, ressalta-se que o programa de injeções constante nos Desenhos representa um esquema preliminar, prevendo-se que ele possa ser localmente diminuído da mesma forma como possam ocorrer locais que eventualmente requeiram um tratamento mais intenso.

2.9. Injeção do tampão do túnel

2.9.1. Injeção de argamassa de cimento e areia

Durante a fase de concretagem do tampão do túnel de desvio, antes de ser lançada a última camada e enquanto houver acesso à face de montante do enchimento, deverá ser construído um pequeno muro de concreto no alinhamento desta face até a parte superior do túnel. Este muro deverá ser cuidadosamente calafetado contra as laterais e o teto de modo a garantir uma perfeita estanqueidade para os últimos lançamentos de concreto.

A injeção de argamassa será iniciada, através de tubos deixados no concreto. A injeção será considerada terminada quando, após o aparecimento de calda nos suspiros, as absorções tornarem-se nulas. A pressão de injeção deverá ser de 2 kgf/cm² e a calda de cimento, areia e água, traço 1:1:1, em volume, podendo ser alterados durante o desenvolvimento dos trabalhos.

2.9.2. Injeções de contato

A injeção final de contato dos tampões e do concreto de enchimento com o concreto projetado das paredes do túnel somente poderá ser efetuada quando a diferença entre as temperaturas do concreto do túnel, e dos concretos de enchimento atingir um valor inferior a 4°C.

- deverão ser inicialmente abertos furos no concreto do tampão do túnel e do enchimento das aberturas superiores;
- deverão ser também abertos furos, a partir do teto do túnel até atingir o concreto do revestimento do túnel de desvio, ao longo do concreto de enchimento deste;
- os furos deverão ser ensaiados quanto à perda de água e injetados;

- a fase final da injeção consistirá na obturação cuidadosa de todas tubulações deixadas através do concreto.

2.10. Proteção a drenos e trabalhos de limpeza

Salvo se especificado em contrário, não serão permitidas injeções a menos de 30 m da instalação de drenos perfurados ou filtros para drenos de fundações. Nos locais em que isto for necessário, a CONSTRUTORA deverá manter um fluxo de água pelos drenos que poderiam ser afetados, para verificar se neles ocorrem infiltrações de calda. No caso em que ocorra uma infiltração de calda nos drenos, a CONSTRUTORA deverá imediatamente parar as operações de injeção e deverá retirar, por lavagem, toda a calda dos drenos afetados. Esta paralisação das operações de injeção e a lavagem dos drenos deverão ser repetidas sempre que necessário.

Durante as operações de injeção, a CONSTRUTORA deverá tomar as precauções necessárias para evitar que partículas de rocha, descargas de óleo dos equipamentos, água da lavagem e calda danifiquem as estruturas permanentes. Será exigido da CONSTRUTORA um número suficiente de bombas para manter as áreas de serviço livres de água servida e calda inutilizada. Terminados seus trabalhos, a CONSTRUTORA deverá fazer uma limpeza geral dos resíduos de suas operações, de tudo o que se apresente desagradável à vista ou que possa interferir na eficiência dos serviços subsequentes.

2.11. Controle e registro dos trabalhos de perfuração, ensaio e injeção

A CONSTRUTORA manterá registros de todas as operações tais como locais, profundidades, sequência de furos, métodos de ensaio e lavagem, sequências e métodos de injeção, caldas iniciais, critérios de engrossamento ou afinamento de caldas, pressões de injeção ou ensaio em cada trecho, critérios de término de injeção e demais dados necessários.

Estes registros deverão ser anotados em boletins adequados e entregues a Projetista um dia após a conclusão da atividade a que se refere.

3. CONCRETO CONVENCIONAL

Esta Seção trata das especificações de materiais e dos procedimentos a serem usados na construção das estruturas de concreto do empreendimento.

3.1. Generalidades

Estas Especificações elegem as últimas versões das normas e especificações da ABNT, sem se limitarem a elas, como critério para definição e controle de qualidade de materiais e concretos.

A CONSTRUTORA deverá efetuar todos os ensaios necessários à definição, produção e controle de qualidade dos concretos e, para isso, deverá dispor, na Obra, de um laboratório suficientemente equipado para realizar esses ensaios, em conformidade com as normas aplicáveis da ABNT ou outras similares. De um modo geral, esses ensaios deverão compreender, sem a eles se limitar:

- granulometria de materiais;

- propriedades físicas dos materiais que compõem os concretos;
- dosagens para a determinação de traços dos diferentes tipos de concreto;
- densidades seca e úmida dos concretos;
- resistências dos concretos;
- incorporação de ar.

A CONSTRUTORA deverá manter atualizados os resultados de todos os ensaios e emitirá notificações técnicas através de relatórios mensais.

Propriedades especiais, como por exemplo, módulo de deformação do concreto e propriedades químicas do cimento, deverá ser ensaiada em laboratório externo.

3.2. Cimento Portland

3.2.1. Tipos de cimento

Todo cimento a ser usado na obra deverá atender estas Especificações e ser adquirido em fábricas aprovadas.

Em geral, poderão ser usados os cimentos CPIII-32 RS, CPI-32, CII-Z para as estruturas principais. Para injeções e tratamentos de rochas os cimentos CII-E 25, 32 ou 40 e CII-F 25, 32 ou 40. Os cimentos deverão atender principalmente, às normas da ABNT (NBR 5732 e NBR 11578) e normas complementares, em casos específicos.

Em casos específicos, poderá ser permitida a troca do tipo de cimento na concretagem de uma mesma estrutura, desde que tecnicamente justificadas.

3.2.2. Ensaio

Certificados de ensaios de partida do cimento, incluindo a análise química total, efetuados na fábrica, em conformidade com as normas da ABNT, deverão acompanhar o fornecimento. Amostras representativas do cimento, poderão ser coletadas no canteiro de obras e submetidas a ensaios para verificação de suas características. O cimento para utilização na obra ficará condicionado à realização dos ensaios abaixo indicados pelo fabricante de cimento.

ENSAIOS QUÍMICOS	
1. Sílica (SiO ₂)	7. Óxido de sódio (Na ₂ O) (*)
2. Alumina (Al ₂ O ₃)	8. Óxido de potássio (K ₂ O) (*)
3. Óxido férrico (Fe ₂ O ₃)	9. Cal livre
4. Anidrido sulfúrico (SO ₃)	10. Perda ao fogo
5. Óxido de cálcio (CaO)	11. Resíduo insolúvel
6. Óxido de magnésio (MgO)	
ENSAIOS FÍSICOS	
1. Tempo de pega (início e fim)	5. Massa específica
2. Superfície específica Blaine	6. Expansibilidade Le Chatelier (a frio e a quente)
3. Finura nas peneiras n ^{OS} 200 e 325	7. Resistência à compressão aos 3, 7, 28 e 90 dias
4. Peso unitário (eventualmente)	8. Calor de hidratação (método químico)

*Calcular o equivalente alcalino em óxido de sódio: $E.A.(%) = Na_2O + 0,658\% K_2O$.

3.2.3. Transporte

O transporte de cimento poderá ser feito a granel, em "containeres" ou em sacos, sempre de modo a não alterar as suas características.

3.2.4. Armazenagem e movimentação

Os critérios de aceitação, armazenamento e liberação do cimento para utilização na obra serão os estabelecidos pela ABNT (MB-1 e EB-1) ou complementados por estas Especificações.

Os cimentos deverão ser armazenados em ordem cronológica, no caso de cimento em sacos, separados por tipo e marca. O volume de estoque de cada tipo de aglomerante deverá ser dimensionado de forma a atender as máximas demandas previstas segundo o cronograma de obras aprovado.

No caso de estocagem em silos, deverá ser prevenida, através de vibradores, a formação de zonas de armazenagem permanente (zona morta). Periodicamente serão realizadas limpezas dos silos para a remoção de material aderido às paredes do mesmo.

Especial atenção deverá ser dada ao "filtro de Manga" que equipa a saída de ar comprimido de abastecimento, na parte superior do silo, a fim de reduzir as perdas de material e evitar a contaminação da área.

Os compressores de carga dos silos deverão ser capazes de insuflar ar seco, para não provocar a hidratação do cimento.

A armazenagem dos cimentos, acondicionados em sacaria ou "containeres", aprovados e em estoques separados por partida, deverá ser feita em local estanque e ventilado, à prova de intempéries.

As instalações deverão ser dotadas de meios que impeçam a absorção de umidade e permitam fácil acesso, inspeção, amostragem, manuseio e identificação do material estocado. O piso será de concreto alisado, de forma a evitar a umidade do solo e facilitar a limpeza.

Em condições normais de deposição, será permitida a formação de pilhas com dez sacos. Caso o cimento apresente temperaturas superiores a 35°C, na recepção, as pilhas ficarão limitadas a cinco sacos. No caso particular de condições normais e tempo de estocagem inferior a 15 dias, as pilhas não poderão ser superiores a 14 sacos.

Os cimentos que se apresentarem com traços de hidratação ou forem provenientes de sacos rasgados serão destinados, apenas, para a execução de concreto magro, contra-pisos e obras auxiliares, sem importância estrutural.

3.2.5. Temperatura do Cimento

A temperatura do cimento, na entrada das betoneiras, não deverá exceder a 60°C. Este valor poderá ser diminuído, em função de necessidades técnicas relativas à mistura, transporte, lançamento e cura do concreto, bem como para limitação de tensões e abertura de fissuras nas estruturas moldadas.

O tempo de estocagem, quando de duração mais longa, poderá ser usado como elemento de adequação da temperatura do cimento.

3.3. Agregados

3.3.1. Generalidades

Os agregados para concreto deverão obedecer às prescrições da NBR 7211 (ABNT) e das presentes Especificações, sem a elas se limitar. Em casos de omissão, deverá ser providenciada orientação complementar, dando preferência às normas da ASTM.

Os agregados para concreto deverão ser produzidos a partir do processamento de rochas sãs, oriundas de escavações programadas para tal finalidade.

O agregado miúdo poderá ser constituído por areia natural ou areia artificial obtida da britagem do material rochoso, oriundo de escavações programadas.

a) Produção de agregados

O processamento de rocha envolverá as operações de britagem, peneiramento, transporte, classificação, lavagem caso necessário, e tudo mais que se fizer necessário, visando a obtenção de agregados apropriados para uso em concreto, de acordo com estas Especificações.

Os agregados deverão ser estocados, manuseados e processados, de modo a evitar a mistura e a inclusão de materiais inadequados ao concreto, como óleos e graxas, bem como a segregação e a quebra excessiva, no caso de agregados graúdos.

Deverão ser feitas correções, durante a produção de agregados, de modo a atender as granulometrias especificadas e eliminar os excessos e/ou deficiências nos tamanhos individuais dos grãos. Os materiais rejeitados, em decorrência dessas correções, não aproveitáveis, tais como rochas, britas e areias, contaminadas ou contendo materiais brechosos, decompostos ou que, de qualquer forma, sejam julgados inadequados para uso em concreto, serão rejeitados e removidos para áreas de “bota-fora”.

A água a ser utilizada na lavagem dos agregados deverá atender os requisitos destas Especificações.

b) Pilhas de estoque e controle de umidade

O agregado deverá ser estocado em pilhas, de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a impedir a segregação, mistura de várias dimensões e contaminação por materiais estranhos.

Durante o processamento e manuseio, cuidados deverão ser providenciados de forma a evitar a segregação e a quebra excessiva do material.

As pilhas de estoque deverão ser convenientemente drenadas de forma a evitar variações no teor de umidade, que possam refletir negativamente na produção e na qualidade do concreto.

Os estoques de agregados deverão ser suficientes para atender, com folga, as demandas de consumo, previstas no cronograma de obras.

c) Amostragem e ensaios

As amostras, a serem utilizadas em ensaios necessários à caracterização e controle de qualidade dos agregados, poderão ser obtidas em qualquer etapa, desde o processo de identificação para processamento até a entrada da betoneira.

Os ensaios serão realizados de acordo com os métodos da ABNT e em caso de omissão, deverão ser seguidos os métodos da ASTM. Entretanto, no caso específico de alguns ensaios, como por exemplo, para verificação da reação dos álcalis solúveis com materiais ativos do agregado, outros métodos poderão ser determinados.

Tanto o agregado miúdo, como o graúdo, deverão ter os resultados de seus ensaios de caracterização acompanhados estatisticamente, como forma de avaliação de suas variações nos traços dos concretos obtidos nos estudos de dosagem.

3.3.2. Agregado miúdo

As prescrições da NBR 7211(ABNT) deverão orientar o controle de qualidade do agregado miúdo, que deverá ser composto de grãos cujos diâmetros estarão compreendidos entre 4,8 mm e 0,074 mm. De forma predominantemente cúbica ou arredondada, sem películas aderentes, duros, densos e resistentes, os agregados miúdos serão isentos de substâncias deletérias.

Os principais requisitos de qualidade do agregado miúdo constam no Quadro a seguir:

SUBSTÂNCIAS DELETÉRIAS	REQUISITOS
Torrões de argila (massa)	máx. 1,5%
Substâncias prejudiciais – concreto sujeito à abrasão – demais concretos	máx. 3% máx. 5%
Materiais carbonosos (massa) – concreto cuja aparência seja importante – demais concretos	máx. 0,5% máx. 1%
Matéria orgânica	cor mais clara que a solução padrão (300 ppm)
Massa específica	min. 2,55 t/m ³
Limite de expansão devida a RAA – ASTM C 1260	Máx 0,10% aos 16 dias de idade

Obs.: A soma das percentagens de todas as substâncias deletérias não deverá exceder a 5%, em massa, não sendo considerado incluído nessa soma, o teor de material pulverulento.

- Entre as substâncias prejudiciais, estão incluídos xistos, álcalis, mica, grãos recobertos, partículas escamosas moles, lodo e materiais que passarem pela peneira nº 200 da ABNT.
- Quando o agregado miúdo for areia artificial, o teor de material pulverulento no agregado miúdo fica limitado em, no máximo, 20% (vinte por cento). O teor de material pulverulento no agregado total dos traços dos concretos não deverá ser superior a

10% (dez por cento) nos concretos de superfícies hidráulicas e a 12% (doze por cento) nos demais concretos.

A granulometria do agregado miúdo deverá estar situada dentro dos limites indicados no Quadro a seguir:

ABERTURA DA PENEIRA DE MALHA QUADRADA		LIMITES ADMISSÍVEIS, PERCENTAGEM RETIDA E ACUMULADA (em massa)	
ASTM nº	ABNT (mm)	Areia Natural	Areia Artificial
3/8	9,50	0 - 0	0 - 0
4	4,80	0 - 5	0 - 5
8	2,40	0 - 20	19-35
16	1,20	15 - 50	41-60
30	0,60	30 - 75	60-75
50	0,30	75 - 90	72- 90
100	0,15	90 - 98	80-95

O módulo de finura dos agregados miúdos deverá ser mantido uniforme, no decorrer da obra, não variando de mais ou menos 0,2 para o material de uma mesma origem.

3.3.3. Agregado graúdo

Designa-se por agregado graúdo, nestas Especificações, aquele cujos grãos apresentam dimensões maiores do que 4,8 mm e menores que 152 mm.

O agregado graúdo será obtido pelo processamento de rocha sólida, sã, densa, resistente e sem película.

Os agregados graúdos, de acordo com suas dimensões, serão selecionados segundo as seguintes graduações:

- agregado número 1 4,9 mm < D.M. < 19 mm
- agregado número 2 19 mm < D.M. < 38 mm
- agregado número 3 38 mm < D.M. < 76 mm
- agregado número 4 76 mm < D.M. < 152 mm

O uso de agregados com D.M. maior que 76 mm deverá ser avaliado em suas vantagens e desvantagens pelo Contratado.

Deverão obedecer às especificações da NBR 7211, entre outras, e apresentar os seguintes requisitos principais:

SUBSTÂNCIAS DELETÉRIAS	REQUISITOS
Torrões de argila (massa) - concreto cuja aparência seja importante - Concreto sujeito à abrasão - demais concretos	Máx. 1% Máx. 2% Máx. 3%
Material pulverulento (massa)	Máx. 2%
Materiais carbonosos (massa) - concreto cuja aparência seja importante - demais concretos	Máx. 0,5% Máx. 1%
Massa específica (condição)	Min. 2,55 t/m ³
Índice de forma – partículas lamelares e alongadas (massa)	≤ 3
Abrasão Los Angeles – perda ponderada (massa, 500 ciclos) Limite de expansão devida à RAA – ASTM C1260	Máx. 50% Máx. 0,10% aos 16 dias de idade.

Obs.: A soma das percentagens de todas as substâncias deletérias não deverá exceder a 3% em massa não sendo considerado incluído nessa soma, o teor de materiais pulverulentos. A granulometria do agregado graúdo, na entrada das betoneiras, deverá estar dentro das faixas granulométricas apresentadas no Quadro a seguir:

ABERTURA DA PENEIRA DE MALHA QUADRADA		LIMITES ADMISSÍVEIS, PERCENTAGEM RETIDA E ACUMULADA (em massa)			
ASTM (polegadas)	ABNT (mm)	Faixas (mm)			
		4,8 - 19	19 - 38	38- 76	76 - 152
6	152				
4	100			0	0 – 100
3	76			0 – 10	85 – 100
2	50		0	45 – 80	95 – 100
1 1/2	38		0 – 10	90 – 100	
1	25	0	55 – 80	95 – 100	
3/4	19	0 – 10	90 – 100		
3/8	9,5	80 – 100	95 – 100		
Nº 4	4,8	95 – 100			

A granulometria dos agregados graúdos deverá ser mantida uniforme durante as operações de produção e estocagem, bem como no decorrer da obra, devendo ser efetuadas as correções no equipamento de produção ou no processo produtivo, que se fizerem necessárias.

O agregado graúdo, de dimensões compreendidas entre 4,8 mm e 19 mm, deverá apresentar, por ocasião de seu lançamento na betoneira, um teor de umidade livre de, no máximo, 3%, determinado em relação à massa do agregado seco.

3.3.4. Aditivos

a) Generalidades

A critério da CONSTRUTORA, poderão ser empregados aditivos, com a finalidade de alterar, reforçar ou melhorar as propriedades dos concretos fresco e endurecido, e facilitar as operações de preparo e utilização, adequando-as às condições de concretagem e ao ambiente final de exposição das estruturas.

b) Tipos de aditivo

Os aditivos utilizados nos concretos poderão apresentar os seguintes efeitos, de forma individual ou combinada:

- plastificantes;
- super-plastificantes;
- aceleradores de pega;
- retardadores de pega;
- impermeabilizantes;
- expansores;
- compensadores de retração;
- incorporadores de ar.

c) Normas, critérios e recomendações

As normas a serem utilizadas para aprovação e uso do produto são a NBR 11768, ASTM C-260, ASTM C-494 e normas complementares.

Como critério adicional de uniformidade, deverá ser realizada a aferição de constância dos efeitos de cada aditivo sobre o concreto fresco e endurecido, em condições de laboratório, de acordo com as normas NBR 1668 e NBR 1669. Os critérios de durabilidade serão os recomendados pela ACI-318 e NBR 6118.

d) Aceitação e controle de qualidade dos lotes

Os lotes de aditivos serão amostrados e ensaiados até 60 dias antes da data prevista para a sua utilização. Tais ensaios obedecerão às normas, critérios e recomendações já mencionados e serão realizados, pelo fabricante, com a finalidade e prazos descritos a seguir:

- Ensaio preliminares

Estes ensaios visam a caracterização e comparação de diversos produtos, com a finalidade de decidir qual o mais conveniente, sob o ponto de vista técnico e econômico, para ser usado nos diversos tipos de concreto da obra. A partir dos resultados desses primeiros ensaios, serão criados os "padrões de referência" de fornecimento que englobarão os aspectos químicos e efetivos sobre o concreto fresco e endurecido.

- Estudos de dosagem

Serão realizados estudos de dosagem, visando determinar a quantidade de aditivo na composição dos traços e fixar o "efeito padrão" do aditivo sobre o concreto fresco e endurecido. Estudos complementares serão, também, elaborados, envolvendo as condições da mistura, temperaturas ambiente e de lançamento do concreto.

- Controle de qualidade

Os ensaios de avaliação para o controle de qualidade serão realizados durante toda a produção do concreto.

Mesmo que os ensaios normalizados de caracterização do produto acusem resultados compatíveis com os limites de aceitação das normas, deverá ser verificada a ação do aditivo sobre o concreto, para mesmos materiais e em condições de laboratório, de forma a observar sua uniformidade e avaliar o rendimento de desempenho (NBR 1668 e NBR 1669 da ABNT).

Caso seja constatada alteração na fabricação, deverão ser procedidos novos ensaios para a adequação do traço de concreto, de modo a manter as características originais da dosagem. Caso a mudança seja muito acentuada, com variações significativas no comportamento do aditivo, poderá ser pedida a substituição do referido aditivo por outros similares.

- Reavaliação de produtos

Os aditivos que tiverem seus prazos de validade excedidos serão amostrados e ensaiados, para verificação de suas condições de uso, obedecendo aos mesmos critérios anteriores.

Caso os resultados obtidos se apresentarem ligeiramente fora dos limites aceitáveis, o produto será recusado, mas poderá ser utilizado em concretos especialmente dosados. Caso isso não seja possível, todo o lote deverá ser descartado para uso em concreto.

e) Fornecimento

Os aditivos deverão ser fornecidos por fabricantes que assegurem continuidade, uniformidade e qualidade ao produto de acordo com as normas vigentes. O fornecimento deverá ser acompanhado de certificados oficiais, apresentando o resultado de ensaios referentes a cada lote e realizados pelo fabricante, na fonte de suprimento.

f) Transporte

Para o transporte e acondicionamento dos aditivos, deverão ser tomados cuidados especiais, para que sejam preservadas as embalagens e características técnicas do produto.

g) Armazenagem

Importância especial deverá ser dada às condições de armazenamento, cujo local deverá ser adequado para preservar as propriedades dos aditivos, de acordo com as especificações do fabricante.

O armazenamento deverá permitir fácil acesso e manuseio do produto, possibilitando livre circulação boas condições para o transporte.

Os aditivos deverão ser identificados, estocados e organizados, por tipo e idade, de forma a facilitar o consumo por ordem cronológica, respeitando os prazos de validade para utilização do produto.

Caso o tempo máximo de armazenagem, prescrito pelo fabricante, venha a ser excedido, deverão ser realizados novos ensaios de controle de qualidade e uniformidade.

h) Condições de dosagem

Os aditivos deverão ser dosados, preferencialmente, em massa e/ou em volume, de forma rigorosa, através de dosadores mecânicos que garantam compatibilidade com a capacidade de produção da central ou, em alguns casos específicos, com o ritmo de concretagem planejado para a frente de trabalho.

A adição será feita de forma a garantir uma uniforme distribuição do aditivo na massa do concreto, durante o tempo especificado para a mistura (ver item 6.9).

Para a futura utilização na central de concreto, os aditivos serão depositados em abrigo coberto, a fim de evitar a ação de intempéries ou de outros agentes que possam alterar suas características básicas.

i) Cuidados especiais

Os aditivos serão utilizados de modo a criar boas condições de lançamento, cura, resistência e adequação do concreto ao meio de trabalho, garantindo a durabilidade.

O uso simultâneo de diferentes tipos de aditivos, de mesmo fabricante, será permitido caso a compatibilização seja anunciada pelo fabricante (uso consagrado) ou comprovada através de ensaios no laboratório da obra. Este último procedimento será obrigatório para aditivos de fábricas diferentes.

Não será permitido o uso de aditivos contendo cloretos em concretos destinados a estruturas de concreto armado. Em casos de necessidade de acelerar a pega do concreto, poderão ser utilizados produtos à base de trietanolamina, hidróxido de cálcio, amônia, carbonato de sódio, aluminato de sódio e silicofluoreto.

3.3.5. Água

A água, para cura e lavagem do agregado e fabricação do concreto, deverá estar isenta de impurezas nocivas à boa qualidade do concreto.

A qualidade mínima de água será a prescrita pela NBR 12654, ou seja:

- pH.....	entre 5,8 e 8,0
- matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)	3mg/l
- resíduo sólido.....	5.000 mg/l
- sulfato (expresso em ions SO ₄)	300 mg/l
- cloreto (expresso em ions Cl).....	500 mg/l
- açúcar.....	5 mg/l

3.4. Estudos de dosagem

A determinação das dosagens dos concretos será de exclusiva responsabilidade da CONSTRUTORA. A partir de materiais disponíveis e beneficiados ou selecionados em obediência a determinados critérios, será desenvolvido o estudo de dosagem, com o objetivo de determinar a base de dados para a escolha do tipo de concreto que apresente características pré-estabelecidas, tanto para o concreto fresco, como para o endurecido.

A finalidade do estudo é obter um concreto adequado às premissas do Projeto e que apresente grande durabilidade e trabalhabilidade, visando facilitar as operações de lançamento e adensamento.

O concreto deverá ser dosado de forma a se obter misturas suficientemente uniformes, trabalháveis e homogêneas que, com a mínima quantidade possível de cimento, possam atender às exigências destas Especificações.

As proporções de todos os materiais que compõem o concreto serão modificadas sempre que se julgue ser necessário, a fim de manter o padrão de qualidade exigido.

Os estudos de dosagem deverão ser programados e desenvolvidos levando em consideração os prazos necessários para a realização de ensaios comprobatórios, bem como o tempo previsto para eventuais ajustes.

3.4.1. Critérios de dosagem

Os estudos de dosagem, para a determinação dos traços de concreto a serem usados, deverão atender a premissas e critérios ditados pelo Projeto e por estas Especificações, levando em conta as condições climáticas, os materiais disponíveis, e equipamentos previstos no canteiro de obras.

Os concretos destinados às diversas partes das estruturas serão classificados de acordo com a resistência característica de projeto, a ser obtida em determinada idade, como apresentado no Quadro a seguir.

Os locais de aplicação e as respectivas classes estão indicados nos Desenhos de Projeto.

CLASSE	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA f_{ck} (MPa)	IDADE DE CONTROLE (dias)	COEF. DE STUDENT (4)
A	7	180	0,842
B	9	90	0,842
C	9	180	0,842
D	15	28	1,645
E	15	90	0,842
F	15	180	0,842
G	18	28	1,645
H	18	90	0,842
I	21	28	1,645
J	21	90	0,842
M (1)	24	28	1,645
N (1)	24	90	1,645
O (1)	24	180	1,645
P (2)	24	28	0,842
Q (2)	24	90	0,842
R	30	28	1,645
S (3)	18	28	0,842

(*) Quando o local de aplicação desta classe for uma superfície hidráulica, sujeita a fluxo d'água em alta velocidade, o diâmetro máximo do agregado no concreto não deverá ser superior a 19 mm e a relação água/cimento equivalente não deverá ultrapassar a 0,45. A relação água/cimento poderá ser aumentada até 0,52, desde que hajam estudos de ensaios a abrasão do concreto que respaldem tal alteração.

(**) Nas estruturas hidráulicas de baixa velocidade o fator água/cimento será limitado a 0,60, e o diâmetro máximo do agregado graúdo será de 38mm.

(1) fluxo de alta velocidade - (2) fluxo de baixa velocidade (3) concreto projetado (4) coeficientes de Student, ver item 6.5.2.i.

Os concretos de uma mesma classe constituem famílias com características diferentes. Elas se referem, em particular, a cada estrutura e estão relacionadas com as dimensões das formas, espaçamento e densidade de armadura, condições de transporte, lançamento, adensamento, cura e acabamento de concreto. A estabilidade do volume produzido e o controle de eventuais fissuras deverão ser considerados como premissas a serem equacionadas durante a obra.

3.4.2. Estudos de dosagem

Os estudos de dosagem deverão contemplar os concretos massa e estrutural, contendo ou não cinzas volantes ("fly-ash").

Os aspectos cimento, relação água/cimento, granulometria, teor de argamassa, trabalhabilidade, abatimento e aditivos, entre outros, correspondem a variáveis que serão equacionadas e otimizadas através de estudos de dosagem.

a) Condições de ensaios

Para que haja coerência nos resultados dos ensaios, será necessário que o laboratório disponha de uma câmara úmida, cuja umidade e temperatura serão estabilizadas de acordo com a norma NBR 5738.

Os corpos de prova deverão ficar abrigados de intempéries, em ambientes de saturação maior ou igual a 90%.

Os materiais componentes do concreto deverão ser estabilizados à mesma temperatura ambiente. Os materiais a serem utilizados nos estudos de dosagem poderão ser preparados de modos mutuamente exclusivos, ou seja, "saturado superfície seca" ou "secos" em estufa ou ao sol.

Em qualquer das alternativas, a quantidade de água contida nos agregados deverá ser determinada com precisão, para possibilitar o correto cálculo da quantidade da água de amassamento.

No caso de utilização de material seco, será necessário determinar a velocidade de absorção da água pelos agregados, a fim de avaliar a sua influência sobre a trabalhabilidade do concreto.

b) Cimento

Para cada tipo e/ou marca de cimento, serão realizados estudos de dosagem independentes.

c) Relação água/cimento

Para a determinação da base de dados, visando a escolha da relação água/cimento empregada em diversas dosagens, serão moldados corpos de prova (CP) de concreto, com relação água/cimento variável de cinco em cinco pontos percentuais (0,05), partindo de um valor igual a 0,4 até atingir 1,2.

Esse estudo será desenvolvido para idades de 3, 7, 28, 90 e 180 dias e seus resultados apresentados sob a forma de curva de Abrams.

d) Granulometria

As dosagens serão determinadas separadamente para cada dimensão máxima de agregado (19, 38, 76 e 152 mm).

e) Teor de argamassa

A determinação da quantidade ótima de argamassa dependerá da natureza do agregado, dimensão máxima do agregado gráudo de cada dosagem, finalidade de uso e modalidade de lançamento dos concretos, abaixo relacionados:

- concretos correntes;
- concretos para peças esbeltas;
- concretos aparentes;

- concretos bombeados;
- concretos fluídos;
- concretos para pavimentação;
- concretos submersos.

O concreto projetado terá consideração diferenciada.

As medidas de trabalhabilidade e abatimento deverão acompanhar os estudos, para cada teor de argamassa considerado. Tais medidas serão obtidas através de processo compatível com a técnica de adensamento prevista para as concretagens executadas no canteiro de obras.

Poderão ser adotados procedimentos complementares, ou alternativos, para a fixação do teor ótimo de argamassa, através de observações comparativas das resistências à compressão dos corpos de prova.

f) Trabalhabilidade e abatimento

Para cada estudo de dosagem, identificado pela dimensão máxima do agregado graúdo, serão efetuadas determinações práticas de medidas de trabalhabilidade, visando apreciar, principalmente, o comportamento dos concretos contendo aditivos plastificantes e incorporador de ar.

As medidas serão efetuadas para as faixas de consumo de cimento de 150, 300 e 450 kg/m³. Essas faixas poderão variar de acordo com o uso do concreto e o tamanho máximo do agregado graúdo.

Os ensaios de trabalhabilidade poderão ser realizados conjuntamente com os ensaios de determinação do teor de argamassa descrito na alínea "e".

g) Estudos complementares

A partir de estudos complementares, deverão ser determinados os valores de exsudação, massa específica, retração, resistências à tração e à abrasão, absorção e permeabilidade.

h) Moldagem dos corpos de prova

No desenvolvimento dos estudos de dosagem, serão moldados três corpos de prova (CP) para cada relação água/cimento e ensaiados de acordo com a NBR 5738. Será permitida a moldagem do corpo de prova em duas camadas, adensadas com vibrador de 1" de diâmetro.

Os corpos de prova deverão ser ensaiados de acordo com a NBR 5739.

O resultado da resistência à compressão, a ser considerado no estudo, será a média das duas medidas obtidas em cada série de dois corpos de prova, ensaiados numa mesma idade.

i) Determinação da resistência característica

A partir dos resultados dos estudos de dosagem e em atendimento das necessidades específicas de cada estrutura, como já mencionado anteriormente, será determinada a resistência à compressão de cada traço, de acordo com os procedimentos contidos na norma NBR 6118 ou mediante outro critério. Caso se use o ACI 214-65/77 os coeficientes de Student a serem utilizados são os da tabela apresentada nestas Especificações.

3.5. Mistura

Os materiais componentes do concreto deverão ser misturados, mecanicamente, até que a mistura apresente um aspecto homogêneo, com todos os componentes distribuídos uniformemente e de modo a atender a ASTM C-94 e CRD-C55.

A quantidade de água de amassamento deverá ser determinada levando em conta o teor de umidade e a absorção dos agregados por ocasião da produção dos concretos, bem como a temperatura e a umidade relativa do ar (NBR 7212 e ACI-305).

Salvo determinação em contrário, o tempo mínimo de mistura, para cada traço de concreto, contado a partir do instante em que todos os componentes tenham sido colocados no tambor da betoneira, deverá ser determinado com base na eficiência do misturador e de acordo com a ASTM C-94.

As balanças da central de concreto deverão ser mantidas calibradas, de maneira que, quando aferidas com os pesos padrões, os erros máximos estejam limitados a 0,5%.

As massas dos materiais, quando introduzidas no misturador, deverão estar dentro dos limites de precisão indicados no Quadro a seguir:

LIMITES DE TOLERÂNCIA DAS MASSAS DOS MATERIAIS

MATERIAIS	LIMITES DE TOLERÂNCIA (%)
Cimento, cinza e água	≤ 1
Agregados diâmetro ≤ 38mm	≤ 2
Agregados diâmetro > 38mm	≤ 3
Aditivos	≤ 3

3.6. Transporte e distribuição

O transporte do concreto, desde o equipamento de mistura até os locais de lançamento, e a sua distribuição nesses locais, deverão ser realizados, no menor tempo possível, por meio de métodos que evitem a segregação, a perda de material, o excessivo aumento de temperatura, a variação acentuada no abatimento e a perda de plasticidade ou ocorrência de pega, antes da descarga e adensamento.

Durante o transporte, o concreto deverá ser adequadamente protegido contra as intempéries.

A CONSTRUTORA deverá providenciar, nos veículos destinados ao transporte, a identificação dos diferentes tipos de concreto e locais de aplicação, em posição bem visível.

A CONSTRUTORA deverá tomar as providências para que os equipamentos de transporte sejam mantidos limpos e periodicamente molhados, com o fim de evitar absorção da água de amassamento do concreto.

Quando o transporte do concreto for efetuado por meio de caçambas, estas deverão ser dotadas de dispositivos que permitam controlar a quantidade e a vazão de descarga, bem como a interrupção da descarga, sempre que for necessário. As caçambas deverão possuir um dispositivo que permita o acoplamento de um vibrador.

Quando o transporte do concreto for realizado por meio de caminhões betoneira, estes deverão obedecer aos requisitos especificados na norma NBR 7212.

Quando forem utilizadas calhas para o transporte do concreto, estas deverão ser instaladas de modo a apresentar declividades que permitam o escoamento do concreto, com consistência compatível com as exigências de trabalhabilidade e sem segregação.

Caso o transporte seja efetuado através de bombas (concreto bombeado), os traços deverão ser ajustados, de modo a permitir a sua utilização neste tipo de lançamento.

3.7. Lançamento e adensamento

3.7.1. Generalidades

O concreto somente poderá ser lançado após a CONSTRUTORA elaborar o programa de lançamento, incluindo a definição dos traços, a conclusão da verificação topográfica das formas, peças embutidas, armaduras e superfícies sobre as quais o concreto será lançado.

O concreto será depositado o mais próximo possível de sua posição final nas formas, de modo que a segregação seja reduzida a um valor mínimo. Em lançamentos verticais, quando a altura de queda apresentar condições favoráveis à segregação do concreto, deverão ser utilizados dispositivos do tipo "tromba" ou calha, a fim de evitar a segregação.

O concreto deverá ser espalhado rapidamente, de modo a preencher totalmente, sem segregação, os cantos e ângulos das formas e os espaços em volta das armaduras, dispositivos de vedação e outras peças embutidas.

Se, durante o lançamento, ocorrerem chuvas que possam afetar a qualidade do concreto, a CONSTRUTORA deverá proteger a área que estiver sendo concretada ou, então, suspender temporariamente o lançamento.

O concreto deverá ser sempre lançado antes do início da pega. É vedada, em qualquer hipótese, a adição de água ao concreto, por ocasião do lançamento.

A CONSTRUTORA deverá estar preparada para efetuar o lançamento de concreto, com alteração nos traços, utilizando, inclusive, agregados com diferentes dimensões máximas, na mesma camada de concretagem.

Ao lançar o concreto através de armaduras, a CONSTRUTORA deverá tomar os cuidados necessários, de modo a evitar a segregação do agregado graúdo.

a) Altura das camadas de concretagem e intervalo entre lançamentos

A altura máxima permitida para cada camada de concretagem deverá ser a indicada nos Desenhos de Projeto. O lançamento deverá ser executado em subcamadas, com espessura inferior a 50 cm.

A espessura das camadas de concretagem e o intervalo de tempo entre duas camadas obedecerão, basicamente, às seguintes condições:

- intervalo de tempo entre a deposição de duas camadas sucessivas não deverá ser menor que 72 horas, exceto nas paredes e pilares com espessuras inferiores a 3,0 m, onde o tempo mínimo será de 48 horas. Este intervalo não se aplica em concretagem contínua com uso de forma deslizante.
- no concreto de segundo estágio das guias das comportas, esse tempo não deverá ser menor que 6 horas este intervalo não se aplica em concretagem contínua com uso de forma deslizante.
- nos concretos lançados sobre a rocha de fundação e sobre camada de concreto com idade superior a 21 dias, a altura do lance inicial de concretagem não deverá ser superior a 1,25 m.

Essas condições básicas poderão sofrer algumas adaptações, de acordo com os resultados dos estudos térmicos definitivos, a serem executados a partir dos concretos obtidos com as dosagens finais.

O lançamento deverá ser efetuado em operação contínua, tanto quanto praticável, até que seja concluída a camada ou o bloco.

O topo das camadas de concretagem deverá apresentar uma superfície aproximadamente horizontal. As juntas de construção, nos paramentos inclinados e expostos, deverão terminar aproximadamente normais à superfície.

Os taludes formados pelos bordos não confinados das subcamadas de concretagem deverão ser mantidos os mais íngremes possíveis. O concreto ao longo desses bordos não deverá ser vibrado até que o concreto adjacente seja lançado, para prosseguimento da subcamada, exceto quando, devido às condições climáticas, forem determinados outros procedimentos.

Em função das condições climáticas e das dimensões das camadas, a CONSTRUTORA deverá tomar as providências necessárias para evitar a secagem rápida da superfície do concreto recém-lançado, especialmente sob efeito de sol ou vento forte, mediante o emprego de nebulizadores de água, colocados diretamente sobre a superfície, ou adotando outros métodos, tais como o recobrimento das subcamadas com elementos isolantes (lonas, sacos de aniagem ou plásticos) ou cura química.

b) Temperatura de lançamento

A temperatura do concreto na ocasião de seu lançamento, para alturas de lances de concretagem estabelecidas nos Desenhos de Projeto, não deverá ultrapassar a 35°C, nem resultar inferior a 5°C. Esses valores poderão ser revistos a partir da realização

dos estudos térmicos do concreto considerando, efetivamente, os materiais e as condições existentes no canteiro de obras.

3.7.2. Condições especiais de lançamento

a) Concreto sobre rocha de fundação

As superfícies de rocha, sobre as quais serão apoiadas as estruturas de concreto, deverão ser preparadas de forma a proporcionar uma aderência perfeita entre a rocha e o concreto.

Deverão ser aparados todos os cantos vivos e todas as saliências agudas de rocha, que possam causar trincas no concreto, e tratadas todas as fissuras da rocha. Caso ocorram rochas alteráveis pelas intempéries, as superfícies das mesmas deverão ser protegidas por uma camada de argamassa com cerca de 2 cm de espessura.

Havendo necessidade do uso de concreto de regularização sobre a rocha, este poderá ser da classe A desde que outra classe não esteja especificada nos Desenhos de Projeto.

b) Concreto de segundo estágio (ou secundário)

As concretagens de segundo estágio (para o envolvimento de peças metálicas) deverão, além de obedecer ao estipulado nesta Seção, seguir as recomendações e as tolerâncias especificadas no item 9.

As juntas de construção, contra as quais será lançado o concreto secundário, deverão ser preparadas como especificado no item 6.13 e as peças metálicas, a serem envolvidas por concreto secundário, deverão estar limpas, apoiadas e fixadas, como especificado no item 9.

O adensamento do concreto deverá ser efetuado cuidadosamente, a fim de evitar danos ou deslocamentos das peças metálicas.

Qualquer peça metálica que tenha sido deslocada ou danificada deverá ser prontamente alinhada e corrigida pela CONSTRUTORA.

O lançamento do concreto de envolvimento das peças metálicas deverá ser feito de maneira extremamente cuidadosa, a fim de assegurar o carregamento uniforme dessas peças, evitando qualquer deslocamento ou deformação delas.

Para realizar o preenchimento correto de locais de difícil acesso, a CONSTRUTORA deverá contemplar em seus planos o uso de "cachimbos" ou outros dispositivos que atendam esta finalidade.

Após todas as partes embutidas estarem envolvidas com concreto, deverão ser executadas as injeções de contato. As pressões de injeção e os outros procedimentos afins serão determinados de acordo com a orientação dos fabricantes dos equipamentos.

As superfícies do concreto de primeiro estágio das ranhuras de guias, soleiras e batentes das comportas, deverão, antes do posicionamento das peças fixas, ser inteiramente preparadas conforme especificado.

Na concretagem das guias, o concreto deverá ser lançado cuidadosamente, com baixa velocidade de lançamento (inferior a 1,0 m/h), de forma que o material resulte homogêneo e compacto.

Deverão ser deixadas aberturas (janelas) nas formas, para garantir a saída de ar e facilitar o preenchimento dos espaços a serem concretados e o adensamento do concreto.

c) Concreto das faces da barragem/vertedouro

A barragem/vertedouro será constituída de um maciço de concreto compactado a rolo envolvido por zonas de concreto convencional na base, no paramento de montante e no talude de jusante.

A camada de concreto convencional na base será lançada diretamente sobre a rocha, de acordo com os métodos previstos nesta especificação, com espessura mínima de 0,3 m, de modo a conformar uma camada que constitua uma praça adequada para o lançamento inicial de CCR.

No paramento de montante será executado concreto convencional dotado de juntas de contração, alteado juntamente com as camadas de CCR, conforme mostrado nos Desenhos.

Na face de jusante, a camada de concreto convencional deverá ser alteada juntamente com as camadas de CCR, conforme mostrado nos Desenhos.

d) A crista do vertedouro será concretada sobre o maciço de CCR executado previamente.

3.7.3. Adensamento

O concreto de cada subcamada deverá ser adensado até atingir a máxima densidade praticável, que não provoque a segregação dos agregados e/ou a exsudação da água de amassamento, de modo a evitar a ocorrência de vazios ou bolsões de ar no interior da massa de concreto ou ao longo das superfícies das formas e dos materiais embutidos.

O adensamento do concreto deverá ser efetuado por meio de vibradores, com acionamento elétrico ou pneumático.

A quantidade, diâmetro, potência unitária e demais características dos vibradores disponibilizados pela CONSTRUTORA, na obra, deverão ser suficientes e compatíveis com as dimensões das peças a serem concretadas e adequados para atender os padrões de qualidade aqui especificados nesta.

O vibrador deverá ser operado em posição próxima à vertical e o cabeçote deverá penetrar no concreto sob a ação de seu próprio peso.

O adensamento das subcamadas de concreto deverá ser efetuado de maneira que o cabeçote do vibrador penetre e revibre o concreto da região superior da subcamada subjacente.

As partículas graúdas de agregado, que estiverem na superfície de uma camada de concreto, deverão ser introduzidas na massa do concreto durante a operação de adensamento.

A região de contato, entre dois lançamentos consecutivos de uma mesma subcamada, deverá ser cuidadosamente adensada, de forma a garantir a homogeneidade do concreto nessa região.

Deverão ser evitados os contatos dos cabeçotes de vibração com as superfícies das formas, armaduras ou qualquer peça ou material embutido no concreto.

Deverá ser assegurada a máxima compacidade do concreto nas proximidades dos vedajuntas.

3.8. Cura e proteção

3.8.1. Generalidades

A cura do concreto deverá ser feita, normalmente, por meio de água. Poderão ser utilizados outros métodos, como a cura com produtos químicos (por membrana ou película), desde que esses métodos sejam coerentes com os acabamentos previstos para as superfícies de concreto.

3.8.2. Cura por Água

A cura por água deverá ser iniciada tão logo o concreto tenha atingido resistência suficiente para que a superfície não seja danificada pelo umedecimento.

O concreto deverá ser umedecido de maneira contínua, por meio de aspersão, nebulização ou borrifação de água. A cura do concreto moldado, antes da desforma, deverá ser efetuada de modo a conservar a superfície de contato forma-concreto a mais úmida possível.

A cura de uma camada de concreto deverá ser efetuada por um período de, no mínimo, 14 dias, ou até que seja coberta por uma nova camada de concreto.

A água a ser utilizada para a cura do concreto deverá atender as exigências especificadas.

3.8.3. Cura por produtos químicos

O agente de cura deverá apresentar consistência e qualidade uniformes em cada lote e estar em conformidade com as prescrições da ASTM C-309 Tipo 2, aplicáveis ao caso.

A aplicação do produto químico deverá ser iniciada imediatamente após as operações de acabamento da superfície do concreto.

Caso a película de cura seja danificada, ou descole da superfície do concreto, durante o período de cura, a mesma deverá ser imediatamente reparada.

3.8.4. Proteção

A CONSTRUTORA deverá proteger o concreto contra danos de qualquer natureza.

Quando ocorrerem temperaturas abaixo de 5°C, as superfícies de concreto recém lançadas deverão ser protegidas com material isolante.

Durante as 24 horas que se seguirem a um lançamento de concreto, nenhum tráfego será permitido sobre o mesmo, exceto se as superfícies estiverem protegidas por passarelas ou outros meios eficientes.

3.9. Juntas no concreto

3.9.1. Generalidades

As juntas de construção, de contração e de dilatação, deverão ser construídas como e onde mostradas nos Desenhos de Projeto.

As superfícies das juntas deverão ser aproximadamente horizontais ou verticais, retas e contínuas, exceto quando especificado de outro modo.

Deverão ser tomados todos os cuidados para evitar que o concreto da superfície de uma junta seja danificado durante o período de endurecimento.

Não será permitido o tráfego sobre o concreto antes que este tenha endurecido o suficiente para suportá-lo, sem qualquer dano. Em caso de necessidade comprovada, poderá ser autorizado o tráfego, desde que o concreto seja adequadamente protegido contra eventuais danos.

3.9.2. Preparação e limpeza das superfícies de concreto nas juntas de construção

As superfícies de concreto, nas juntas de construção, sobre ou contra as quais será lançada nova camada de concreto, deverão, na ocasião do lançamento, estar limpas, ásperas, úmidas e sem água.

A preparação ("corte") e a limpeza das superfícies de concreto, nas juntas de construção, deverão ser feitas de maneira a remover toda a nata de cimento, concreto solto ou defeituoso, resíduos, manchas de óleo ou graxa, lama, entulho, areia, detritos de qualquer natureza e materiais deletérios.

A preparação das superfícies de concreto, nas juntas de construção, deverá ser efetuada por meio dos seguintes procedimentos:

- jato de areia;
- jato de água a alta pressão (40 MPa);
- jato de ar-água a baixa pressão (0,3 MPa);
- apicoamento ou raspagem.

Durante a preparação das superfícies de concreto, nas juntas de construção, deverão ser tomadas todas as precauções, a fim de evitar desgastes excessivos do concreto.

O concreto deverá ser "cortado" de modo a expor o agregado limpo, mas não a ponto de remover ou soltar o agregado graúdo.

Após o "corte", a superfície de concreto deverá ser lavada até que sejam removidos os materiais soltos. A água e os resíduos do "corte" das superfícies de concreto deverão ser removidos, de modo que não venham a prejudicar o aspecto estético das superfícies de concreto, que ficarão aparentes.

3.9.3. Juntas de construção não previstas (juntas "frias")

Juntas "frias" deverão ser evitadas, sempre que possível. No entanto, ocorrendo um evento que determine a interrupção de um lançamento, as frentes ("cabeças") das subcamadas deverão ser preparadas, conforme as instruções expostas a seguir.

Caso o lançamento seja reiniciado antes do início da pega do concreto, não será necessária nenhuma preparação, a menos de cuidados especiais no adensamento da frente da subcamada.

Caso o lançamento venha a ser reiniciado após o início da pega do concreto, a junta "fria", que se formar, deverá ser preparada como uma junta de construção comum, conforme especificado.

3.9.4. Juntas de expansão e contração

As juntas no concreto deverão ser construídas como indicado nos Desenhos. Exceto onde indicado em contrário, nenhum metal fixo, embutido no concreto, deverá ser contínuo através de uma junta de expansão ou de contração. As superfícies de lajes adjacentes não deverão ser desencontradas em mais do que 6 mm.

Na barragem e vertedouro as juntas de contração deverão possuir vedajuntas. Conforme indicado nos Desenhos, na face de montante haverá vedajunta duplo de PVC intercalado por dreno.

a) Materiais

Os materiais empregados nos trabalhos desta Seção deverão estar de acordo com as normas de fabricantes a seguir especificados.

- Revestimento antiaderente

Pintura asfáltica ou com outro material aprovado, tal como óleo mineral ou piche.

- Vedajuntas

- Aço comum

Tipo ASTM A36, "Specification for Structural Steel".

- Cloreto de polivinil

Os materiais aplicados nas juntas deverão ser fornecidos pela CONSTRUTORA, de acordo com as características indicadas nesta Seção.

A CONSTRUTORA poderá utilizar novos materiais e novas concepções, desde que sejam apresentados certificados de ensaios, realizados em instituições de pesquisa, e atestados que comprovem a sua utilização, com sucesso, em obras similares.

O dispositivo para a vedação de juntas será constituído de perfil extrudado, à base de cloreto de polivinil (PVC), fornecido com as dimensões e características indicadas nos Desenhos de Projeto, e deverá atender os requisitos da norma NBR 8803.

Será exigido que a CONSTRUTORA apresente o certificado de ensaio de qualificação das partidas recebidas no canteiro de obras.

Os dispositivos de vedação deverão ser fornecidos em comprimento tal que a soldagem de campo seja mínima e serão cuidadosamente instalados de maneira a formar, nas juntas, um elemento contínuo e estanque à água.

As superfícies dos dispositivos de vedação, no momento de sua instalação, deverão estar limpas, sem manchas de óleo ou graxa e isentos de outros materiais prejudiciais.

Quando for necessária a realização de emendas nos dispositivos de vedação, estas deverão ser feitas de maneira que as extremidades acopladas resultem perfeitamente alinhadas e sejam mantidas as seções transversais típicas e a estanqueidade dos dispositivos.

As soldagens de campo serão executadas por pessoal qualificado e experiente nesse tipo de serviço e deverão atender as recomendações do fabricante.

A resistência à tração nas soldas deverá ser, no mínimo, igual a 75% da resistência à tração do material não soldado.

Todas as soldas, inclusive em peças especiais de ligação, deverão ser executadas de maneira que quaisquer seções transversais resultem densas, homogêneas e isentas de porosidade. As uniões em forma de "tê" e "cruz", fornecidas pelo fabricante, deverão ser empregadas nos locais determinados nos Desenhos de Projeto.

Os dispositivos de vedação simétricos deverão ser instalados com metade de sua largura embutida no concreto de cada lado da junta, a menos que seja indicado de outra forma nos Desenhos de Projeto.

Durante a execução dos serviços, deverão ser tomadas medidas adequadas para apoiar e fixar os veda-juntas nas posições indicadas nos Desenhos de Projeto e para assegurar o seu correto embutimento no concreto.

Deverão ser tomadas as precauções necessárias para proteger, contra danos, as bordas e extremidades expostas e salientes dos dispositivos de vedação parcialmente embutidas no concreto.

Os vários tipos de vedajuntas deverão ter seções transversais como mostrado nos Desenhos.

Todos os tipos deverão ser de resina de cloreto de polivinil extrudado e plastificado com plastificante do tipo não-migratório, resistente ao tempo e de acordo com as seguintes características:

Dureza "Shore":	68 ± 5
Alongamento de ruptura:	300%
Peso específico:	1,48 ± 0,03 gf/cm ³
Resistência à tração:	140 kgf/cm ²
Resistência ao cisalhamento:	100 kgf/cm ²

- Enchimento de junta de expansão

- Compensado

Madeira compensada de 25 mm de espessura.

- Feltro

Manta de feltro industrial com peso entre 3 e 3,3 kgf/m² para espessura de 25 mm, segundo especificações da "ASTM D-146-72 Felted and Woven Fabrics Saturated Bituminous Substances for Use in Water Proofing and Roofing".

b) Aplicação

- *Revestimento antiaderente*

Onde mostrado, ou como indicado, as juntas de contração deverão ser tratadas com um revestimento aprovado. Este revestimento deverá ser colocado pelo menos 24 horas antes do lançamento do concreto adjacente. As superfícies que devam receber a aplicação deverão estar limpas e secas. Todos os revestimentos deverão ser aplicados de acordo com as instruções do fabricante.

- *Vedajuntas*

Os vedajuntas deverão ser fornecidos num comprimento tal que a soldagem de campo seja mínima. Uniões em tê e cruz, fornecidas pelo fabricante, deverão ser usadas em todos os locais onde os ângulos de conexão possam ser determinados pelos Desenhos, para permitir a aquisição. As emendas especiais de campo para outros locais serão permitidas, desde que executadas por pessoa de experiência. Ambas as soldagens, de campo e de fábrica, deverão ser efetuadas de acordo com as recomendações do fabricante dos vedajuntas e as soldas deverão resistir a um esforço de tração não inferior a 75% do material não soldado. Todas as soldas e peças especiais de ligação deverão ser soldadas de maneira que quaisquer seções transversais sejam densas, homogêneas e isentas de toda porosidade.

A fim de eliminar instalação defeituosa que possa resultar em vazamento na junta, deverá ser tomado cuidado especial de forma que os vedajuntas estejam corretamente posicionados durante a instalação. Medidas adequadas deverão ser tomadas para apoiar os vedajuntas durante o andamento do trabalho e para assegurar o seu devido embutimento no concreto. As metades simétricas deverão ser igualmente divididas entre os lançamentos de concreto adjacentes às juntas, em todos os casos onde o eixo dos vedajuntas deva coincidir com as aberturas das juntas. Deverá ser assegurada a máxima densidade e impermeabilidade do concreto nas proximidades de todas as juntas. Deverão ser tomadas precauções adequadas para proteger contra danos as bordas e extremidades expostas e salientes dos vedajuntas parcialmente embutidos. Os Desenhos fornecerão os detalhes das proteções.

Os vedajuntas metálicos deverão ser unidos por solda, numa união estanque. Os vedajuntas metálicos deverão ser suportados e fixados para manterem a posição determinada.

c) *Enchimento de junta de expansão*

Nas juntas de expansão, como indicado nos Desenhos, serão aplicados enchimentos de madeira compensada ou de juntas elásticas expansíveis.

A colocação de enchimento de feltro nas tubulações sob pressão, deverá ser feita da seguinte forma:

- aplicar, a frio, uma demão de revestimento aderente;
- fixar uma primeira camada de feltro, com espessura de 25 mm, utilizando o revestimento como adesivo;
- aplicar, a frio, outra demão de revestimento aderente sobre a primeira camada de feltro;
- fixar uma segunda camada de feltro, com espessura igual à anterior, utilizando o revestimento aderente como adesivo;
- aplicar, a frio, uma demão final de revestimento anti-aderente sobre a segunda camada de feltro.

Os recortes das mantas de feltro devem ser realizados de forma a desencontrar as emendas entre a primeira e a segunda camadas.

3.10. Acabamentos

3.10.1. Generalidades

Os tipos de acabamentos, a serem efetuados nas diversas superfícies de concreto, estão indicados nos Desenhos de Projeto e deverão atender as condições especificadas neste item e as disposições constantes no item *Instalações, Acabamentos Arquitetônicos e Urbanização*. O acabamento das superfícies finais de concreto deverá ser executado com o concreto ainda em estado plástico, ou mediante um cuidadoso preparo das superfícies das formas contra as quais o concreto ficará em contato.

As irregularidades nas superfícies de concreto serão classificadas em "abruptas" e "graduais".

As irregularidades causadas por deslocamentos ou má colocação das formas ou outros defeitos semelhantes serão consideradas como abruptas e deverão ser verificadas por medição direta.

Todas as outras irregularidades serão entendidas como graduais e deverão ser verificadas através de gabarito. O comprimento do gabarito, para a verificação das superfícies de concreto executadas sem o uso de formas, tipo U, será de 3,0 m. O comprimento do gabarito para a verificação das superfícies de concreto executadas com uso de formas, tipo F, será de 1,5 m.

As superfícies expostas ao tempo, indicadas normalmente como sendo horizontais, deverão ser dotadas de declividade que possibilite a drenagem superficial. Para tanto, as superfícies, como topos de muro e parapeitos, deverão ter declividades de aproximadamente 3% e as superfícies como passeios, estradas e plataformas, declividade próxima de 2%. Superfícies extensas deverão ser executadas com declividade em mais de uma direção, de modo a facilitar o escoamento das águas. As superfícies, que não apresentarem o acabamento indicado no Projeto, deverão ser reparadas conforme descrito nestas Especificações.

3.10.2.Acabamento em superfícies executadas sem formas

Os tipos de acabamento nas superfícies de concreto executadas sem o uso de formas, designados por U1, U2 e U3, serão obtidos como indicado a seguir:

- acabamento tipo U1 - é o acabamento obtido por sarrafeamento e por eventuais regularizações através do emprego de desempenadeira de madeira, em pontos localizados. Deverá ser aplicado às superfícies que serão posteriormente cobertas por materiais de enchimento ou por concreto, ou que não requeiram um acabamento liso. Em pisos ou pavimentos, a superfície após o desempenho deverá ser limpa e escovada com escova ou vassoura de cerdas rijas, na direção transversal à sua linha de centro;
- acabamento tipo U2 - é o acabamento obtido por desempenadeira de madeira e deverá ser iniciado tão logo a superfície tenha endurecido o suficiente para permitir que tal acabamento produza uma superfície que não apresente marcas de sarrafo e que seja uniforme em textura. Deverá ser aplicado às superfícies não cobertas permanentemente por materiais de enchimento ou por concreto, nas lajes da face da barragem e em pisos e pavimentos;
- acabamento tipo U3 - é o acabamento obtido por colher de pedreiro ou por desempenadeira de aço. Deverá ser iniciado, após a superfície ter sido desempenada como especificado para o tipo U2, deixando-a livre e isenta de deformidades e de marcas de colher. As irregularidades graduais dessas superfícies não poderão ultrapassar a 6 mm e terão por finalidade eliminar todas as irregularidades abruptas. Deverá ser aplicado às superfícies onde o alinhamento e os nivelamentos acurados são necessários para a prevenção de efeitos destrutivos da ação da água e em pisos, ou onde indicado nos Desenhos de Projeto.

3.10.3.Acabamento em superfícies executadas com formas

Os tipos de acabamento nas superfícies de concreto executadas com o uso de formas, designados por F1, F2, e F3, deverão ser obtidos como a seguir especificado:

- acabamento tipo F1 (em superfícies não expostas à vista) - as superfícies de concreto com este acabamento não necessitam qualquer tratamento especial, após a remoção das formas, exceto quanto ao eventual reparo do concreto defeituoso. Deverá ser aplicado em superfícies sobre ou contra as quais será posteriormente lançado concreto ou qualquer outro material de enchimento, ou que serão cobertas permanentemente por água, e às superfícies das juntas de contração;
- acabamento tipo F2 - as superfícies com este tipo de acabamento deverão apresentar aparência uniforme, devendo o concreto eventualmente defeituoso ser reparado e os

orifícios, deixados por fixadores de formas, preenchidos com argamassa seca. Deverá ser aplicado em todas as superfícies que não serão recobertas permanentemente por concreto ou por qualquer material de enchimento e que não requeiram acabamento tipo F3;

- acabamento tipo F3 - as superfícies com este tipo de acabamento deverão ser duras, lisas e densas, sem saliências, depressões, furos e irregularidades e exigirão cuidados especiais para assegurar que resulte um acabamento de alta qualidade. As irregularidades abruptas deverão ser eliminadas ou transformadas em graduais (por esmerilhamento) e estas não poderão exceder a 6 mm. Os orifícios deixados por fixadores de formas deverão ser preenchidos com material que apresente propriedades compatíveis com o local de utilização. Deverá ser aplicado em superfícies sujeitas ao efeito destrutivo do fluxo de águas, nas quais os alinhamentos e os nivelamentos são muito importantes para evitar que o concreto seja danificado.

3.11. Tolerâncias de construção

As tolerâncias indicadas a seguir são de ordem geral e não abrangem, necessariamente, todas as situações das estruturas. Desse modo, os Desenhos de Projeto poderão apresentar tolerâncias para itens específicos.

Quando não indicado de outra forma nos Desenhos, as variações admissíveis nos alinhamentos, níveis, declividades e dimensões das estruturas de concreto, em relação às mostradas nos Desenhos de Projeto, estão apresentadas no Quadro a seguir:

TIPO	TOLERÂNCIAS (*)	
	VARIAÇÃO (%)	LIMITE MÁXIMO (cm)
Prumo de muros, paredes, pilares e arestas	0,2	3,0
Alinhamento de muros, paredes, pilares e vigas	0,1	2,0
Espessura de muros, paredes, lajes, pilares e vigas	-2,0 a +5,0	-
Níveis de greides:		
– laje superior de pontes e muros	0,2	1,0
– soleira e calha do vertedouro	0,1	0,5
Raio de curvatura:		
– plano paralelo ao fluxo	0,2	-
– borda do vertedouro	-	0,5
Dimensões individuais, exceto as já especificadas	± 0,5	-
Locação de embutidos e aberturas	-	± 0,5
Perfil linear em relação à localização em planta	0,15	0,5

(*) As construções cobertas ou envolvidas por aterro terão tolerância duas vezes maior que as especificadas neste Quadro. A tolerância admitida deverá ser o menor dos dois valores encontrados.

As partes concretadas que excederem os limites das tolerâncias, aqui especificadas, serão corrigidas ou removidas e, novamente, concretadas.

3.12. Reparos no concreto

Nenhum reparo no concreto poderá ser efetuado antes da inspeção da estrutura e determinação do método executivo, assim como os materiais e os equipamentos a serem utilizados nos serviços.

Os reparos deverão ser realizados conforme indicado nestas Especificações.

Concreto danificado ou defeituoso e concreto que, devido às irregularidades de sua superfície, precisará ser reparado, removido ou reconstruído, deverá ser substituído por enchimento seco, concreto, argamassa com microssílica ou adesivo epóxico.

Em geral, tais materiais deverão ser empregados como a seguir especificado:

- enchimento seco - utilizado em reparos (vazios) que tenham, pelo menos, uma dimensão de superfície menor do que a profundidade, em locais que não sejam contíguos às armaduras;
- enchimento com concreto - utilizado em vazios que se estendam de um lado ao outro da seção de concreto, quando esta não for armada e apresentar área maior do que 1.000 cm² e profundidade superior a 10 cm. Deverá ser usado, também, em vazios existentes em concreto armado, em que a profundidade se estenda além da armadura.

Neste último caso, se a área for menor do que 500 cm², o vazio deverá ser alargado, para permitir o enchimento satisfatório;

- argamassa - utilizada em vazios muito largos, que seriam preenchidos com enchimento seco, ou muito rasos, para serem obturados com concreto;
- adesivo epóxico - utilizado sempre que forem necessários reparos de alta resistência, principalmente em superfícies para as quais estão especificados acabamentos do tipo U3 ou F3.

Alternativamente ao uso de adesivo epóxico especificado para reparos em acabamentos U3 e F3, poderá ser utilizada argamassa com adição de sílica ativa, sem a utilização de adesivo epóxico como ponte de aderência. A composição da argamassa para reparos no caso de superfícies hidráulicas deverá ser:

Traço (em peso)	1:2
Fator A/C	0,4
Sílica ativa	8,0%
Superplastificante em pó	0,3%

A resistência mínima f_{cj} aos 28 dias deverá ser de 52 MPa. No caso de superfície não hidráulica a resistência mínima deverá ser de 42 MPa.

Todo o concreto danificado ou defeituoso deverá ser removido, cortando, pelo menos, 2 cm de concreto sã, ao longo de todas as superfícies de contorno do reparo, em forma de cunha e com as bordas em ângulos agudos próximos a 90 graus. Em superfícies onde forem exigidos acabamentos do tipo U3 e F3, tais cortes deverão ser realizados com disco de diamante. Onde as irregularidades abruptas e/ou graduais excederem os limites especificados no item 6.11, as saliências deverão ser eliminadas por martelamento ou por desbaste. Nos reparos com concreto e argamassa, as superfícies internas da área a ser reparada deverão ser limpas e molhadas antes do lançamento do concreto ou da argamassa de enchimento.

A cura dos reparos deverá ser efetuada, conforme especificado no item 6.8.

3.13. Formas

3.13.1. Generalidades

As formas deverão ser estanques, suficientemente resistentes e estar rigidamente fixadas na posição correta, para não perderem a nata ou argamassa, não se deformarem quando do lançamento e vibração do concreto e não desobedecerem às tolerâncias aqui especificadas.

As faces das formas que ficarem em contato com o concreto deverão proporcionar às superfícies de concreto os acabamentos aqui especificados. O revestimento das formas, quando estas forem reutilizadas, deverá ser mantido em condições aceitáveis.

As formas, para as superfícies que exigirem acabamentos dos tipos F2 e F3, deverão ser construídas de modo que produzam uma textura consistente à superfície do concreto. Essas formas deverão ser colocadas de tal modo que as linhas e as juntas horizontais sejam contínuas, em toda a superfície. Caso as formas sejam revestidas com madeira compensada ou com painéis de madeira comum, as linhas verticais deverão ser contínuas ao longo de toda a superfície. Deverão ser colocados sarrafos de 4 cm por 4 cm, nos cantos externos das formas, para produzirem chanfros nas superfícies de concreto permanentemente expostas. Os cantos internos das superfícies não necessitarão ser chanfrados, salvo se indicado nos Desenhos de Projeto.

As formas para superfícies curvas deverão ser construídas de modo a acompanhar, com precisão, as curvaturas indicadas nos Desenhos de Projeto. Onde necessário, as formas de madeira deverão ser construídas com revestimento flexível, garantindo a continuidade da curvatura exigida. As formas deverão ser construídas de maneira que quaisquer marcas de juntas ou uniões, na superfície do concreto, sigam, em geral, a linha de fluxo da água. As formas deverão ser projetadas de modo a permitir que o concreto seja lançado o mais próximo de sua posição final. Onde necessário, deverão ser previstas aberturas provisórias nas formas, para facilitar a inspeção, limpeza e adensamento do concreto. Após a montagem das formas, todas as imperfeições existentes em suas superfícies serão corrigidas, devendo ser batidos e embutidos todos os pregos e eliminadas quaisquer asperezas.

3.13.2.Fixação das formas

Os tirantes (ancoragens), utilizados para a fixação das formas, deverão ser projetados e instalados de modo que, após a remoção das formas, permaneçam embutidos e nenhum deles fique posicionado a menos de 5 cm da face moldada do concreto. Os tirantes (ancoragens) deverão ser instalados de modo a permitir a remoção das formas, sem causar danos às superfícies de concreto. As reentrâncias ou vazios, resultantes da remoção das extremidades dos tirantes, deverão ser preenchidos, conforme prescrito no item correspondente.

Ancoragens embutidas, para sustentação das formas do lance subsequente, deverão ser colocadas, no mínimo, 10 cm abaixo da junta horizontal projetada, a fim de não causar interferência com as armaduras.

É vedado o uso de tirantes de arame embutidos, para a fixação de formas em paredes de concreto sujeitas à pressão d'água.

3.13.3.Limpeza e preparo das formas

Por ocasião do lançamento do concreto, as superfícies das formas deverão estar isentas de incrustações de argamassa, nata de cimento ou outros materiais.

Antes do lançamento, as superfícies das formas deverão ser untadas com óleo mineral parafinado e incolor ou outro produto específico, apropriado, a fim de impedir a aderência do concreto às formas e não provocar manchas no concreto. Excessos de óleo também deverão ser removidos.

A CONSTRUTORA deverá atentar para que o referido óleo não contamine o concreto que será ligado com uma nova camada, bem como com as superfícies das armaduras, dos

veda-juntas, dos embutidos ou com outras superfícies onde se deseja assegurar a aderência ao concreto. Caso ocorra tal contaminação, a CONSTRUTORA deverá providenciar a limpeza dessas superfícies.

3.13.4. Remoção das formas e descimbramento

As formas só poderão ser removidas após o concreto ter adquirido a resistência especificada ou indicada nos Desenhos de Projeto. De um modo geral, o tempo não será inferior a:

- colunas, muros e paredes 2 dias;
- vigas e lajes 7 dias;
- concreto massa 1 dia.

As formas e os escoramentos deverão ser cuidadosamente removidos, a fim de evitar danos ao concreto.

3.14. Concreto projetado

3.14.1. Generalidades

As áreas a serem efetivamente revestidas em concreto projetado, tais como: túneis forçados, espelhos dos túneis forçados, galerias de drenagem, taludes de escavação, barragem principal e outros locais, estão indicadas nos Desenhos de Projeto.

Poderá ser adicionada fibra de aço em substituição à tela metálica, conforme indicado nos Desenhos de Projeto e desde que suas características atendam as exigências de resistência e durabilidade. Na ausência de Normas brasileiras para especificação de traços, ensaios, homogeneidade do concreto, poderão ser utilizadas as normas estrangeiras como o American Concrete Institute (ACI), do Comité EuroInternational du Beton (CEB) e trabalhos de teses provenientes de escolas e laboratórios de idoneidade comprovada.

A quantidade das fibras de aço será definida com base em ensaios de laboratório e de ensaios de aderência executados na obra, em materiais representativos das litologias a serem tratadas.

3.14.2. Materiais

O concreto será composto de cimento Portland comum, ou pozolânico, água e agregado miúdo, podendo ou não conter agregado graúdo. Deverá ser utilizado um aditivo acelerador de pega que atenda as normas ASTM C-494.

Todos os materiais, inclusive a água, deverão apresentar características, conforme estabelecido nestas Especificações.

O cimento, os agregados e os eventuais aditivos em pó, serão medidos em massa e deverão estar secos. A percentagem de água contida nos agregados deverá ser menor que 5% da massa do agregado seco.

3.14.3.Equipamento

O equipamento de lançamento de concreto poderá ser de via seca ou úmida.

3.14.4.Mão-de-obra

O operador do equipamento de lançamento deverá ter experiência na aplicação de concreto projetado.

O operador deverá lançar o concreto a uma distância uniforme da parede e da abóbada dos túneis e galerias, estimada em aproximadamente 1,5 m. O bico deverá estar adequadamente posicionado, de maneira a garantir que o fluxo de material atinja a superfície em ângulo reto ou tão próximo deste quanto possível.

O concreto projetado será aceito desde que tenha a massa específica de 2,2 t/m³ e se apresente uniforme, com pequena reflexão e sem falhas de aderência perceptíveis entre as camadas.

3.14.5.Composição e dosagem do concreto

O fator água/cimento do concreto lançado deverá ser o mínimo para obter as resistências exigidas.

O aditivo acelerador de pega deverá ser um produto comercial produzido regularmente e aplicado de acordo com as instruções do fabricante, de modo que, com a sua mistura, o concreto apresente o início de pega em menos de 5 minutos e o final de pega em menos de 15 minutos.

As dosagens do concreto projetado deverão permitir a obtenção de resistências mínimas f_{cj} à compressão de 2 MPa em 10 horas e de 20 MPa em 28 dias, cujos valores serão verificados como indicados nestas Especificações.

3.14.6.Ensaio para controle de qualidade

Antes da aplicação de qualquer concreto projetado a CONSTRUTORA deverá preparar e fornecer as amostras do concreto, na forma de painéis de ensaio, obtidas pela aplicação de concreto projetado sobre formas de madeira ou sobre uma superfície de rocha similar àquela a ser tratada.

A base de cada painel deverá ter, no mínimo, 1,0 m por 1,0 m e a espessura do concreto projetado não deverá ser menor do que 8 cm. Deverão ser executados três painéis para cada dosagem, sendo que um deles terá o concreto projetado para baixo sobre superfície horizontal, o outro, o concreto projetado sobre superfície inclinada ou vertical e o terceiro, projetado para cima sobre superfície horizontal.

Para executar o controle de qualidade de rotina, enquanto estiver sendo aplicado concreto projetado, a CONSTRUTORA deverá preparar um painel de ensaio de 30 cm por 30 cm de base e de 10 cm de espessura, a cada 7 dias de serviço.

A resistência à compressão do concreto projetado será estabelecida, através de ensaios realizados com corpos de prova cúbicos, de 8 cm de lado ou cilíndricos com $D_{máx} \geq 5,0$ cm, retirados dos painéis.

Se os ensaios de resistência indicarem que o concreto projetado não atende as Especificações, a CONSTRUTORA deverá tomar as medidas corretivas.

3.14.7.Preparação das superfícies

Antes do concreto projetado ser aplicado sobre qualquer superfície, incluindo as superfícies previamente tratadas com concreto projetado, a CONSTRUTORA deverá efetuar uma cuidadosa limpeza, removendo toda a sujeira, lama, entulho, óleo, graxa, partículas soltas e qualquer outro material deletério, ou mesmo, concreto projetado que tenha aderido à superfície por reflexão, quando aplicado em locais próximos. Esta limpeza incluirá o uso de jatos de ar e água ou jato de areia, se julgados necessários.

Imediatamente antes de aplicar concreto projetado nas superfícies indicadas nos Desenhos de Projeto, a CONSTRUTORA deverá remover toda a água excedente. Surgências de água e águas superficiais, existentes nas superfícies a serem tratadas, deverão ser controladas e drenadas, antes do lançamento do concreto projetado.

Nos locais onde tenha sido instalada tela metálica sobre a superfície da rocha, a CONSTRUTORA deverá remover todo material solto das superfícies da rocha, antes da aplicação do concreto projetado.

3.14.8.Lançamento e cura

O concreto projetado, a céu aberto, somente poderá ser aplicado se as condições climáticas o permitirem, ou quando a CONSTRUTORA providenciar a proteção adequada da área a ser tratada.

A CONSTRUTORA deverá envidar todos os esforços para conseguir um mínimo de reflexão do concreto projetado. O material refletido deverá ser removido pela CONSTRUTORA, antes do prosseguimento dos trabalhos em qualquer área adjacente, e não poderá ser reutilizado.

Cuidados especiais deverão ser tomados para que esse material não se acumule nas junções de paredes e pisos, tanto em trabalhos de superfície, como em obras subterrâneas.

As espessuras do concreto projetado deverão ser as indicadas nos Desenhos de Projeto. Desde que não ocorra descolamento do concreto, a espessura máxima permitida, para a aplicação de cada camada, será de aproximadamente 7 cm.

Nos lançamentos na vertical ou próximos da vertical, poderá ser exigido que as camadas de concreto projetado sejam aplicadas com menor espessura. Nesse caso, a aplicação deverá começar da parte mais baixa para a mais alta, e ser efetuada em faixas horizontais, até que toda a superfície seja coberta.

Quando o lançamento for próximo de estruturas existentes, a CONSTRUTORA deverá providenciar as proteções necessárias, a fim de evitar eventuais danos às mesmas.

As juntas de construção deverão ser executadas como especificado nos Desenhos do Projeto.

Onde mostrado nos Desenhos de Projeto, a CONSTRUTORA deverá aplicar concreto projetado sobre tela metálica, instalada sobre superfícies de rocha, seguindo as especificações do item 8.6. A camada de concreto, com uma espessura mínima de 2 cm, deverá cobrir toda a tela e os suportes metálicos. A camada final de concreto projetado deverá ser curada por um período mínimo de 7 dias.

3.14.9.Reparos

Antes do lançamento de qualquer camada de concreto projetado, a camada precedente deverá ser examinada por percussão, para serem detectadas eventuais falhas de aderência.

A CONSTRUTORA deverá reparar os defeitos existentes nas superfícies com concreto projetado, tais como: áreas soltas, fissuradas e qualquer outra área com falhas ou vazios.

Os reparos serão executados mediante a remoção total da superfície defeituosa, seguida de nova preparação da superfície e novo lançamento do concreto projetado.

3.14.10.Furos de alívio de pressão

Onde mostrado nos Desenhos de Projeto, a CONSTRUTORA deverá executar, obedecendo às especificações, furos de alívio de pressão com diâmetro e comprimento indicados, através do concreto projetado ou perfurados previamente à aplicação do concreto projetado e providos de tubos embutidos, com a extremidade protegida. Os furos através do concreto projetado deverão ser executados assim que ele tenha endurecido o suficiente para permitir tal operação.

3.14.11.Furos de drenagem

Onde houver furos de drenagem na rocha, cuja superfície será tratada com concreto projetado, a CONSTRUTORA deverá tomar as providências necessárias, a fim de evitar que esses furos sejam obturados pelo concreto projetado. Nesse caso, a CONSTRUTORA deverá promover a sua recuperação.

3.15. Concreto pré-moldado

Os materiais utilizados na fabricação dos elementos de concreto pré-moldado deverão atender os requisitos abaixo descritos e seguir as diretrizes dadas na NBR 9062 (Projeto e execução de estruturas pré-moldadas).

Os locais de aplicação de elementos pré-moldados de concreto armado serão definidos nos Desenhos de Projeto, onde constarão, também, o formato, dimensões e classe do concreto desses elementos.

Os elementos de concreto pré-moldado deverão ser identificados e numerados, conforme a sua ordem de montagem.

No intuito de possibilitar a utilização mais rápida dos elementos de concreto pré-moldado, a CONSTRUTORA poderá adotar processos de cura térmica.

Os elementos de concreto pré-moldado não poderão apresentar defeitos de fabricação, tais como rachaduras, cantos quebrados, saliências, falhas de concretagem, acabamento

imperfeito e desalinhamento. Em caso de dúvidas quanto à resistência dos elementos, será exigido que sejam efetuadas provas de carga naqueles em que se julgar necessário.

Os elementos de concreto pré-moldado deverão ser executados sobre bases indeformáveis, em formas estanques e reforçadas.

A movimentação e o transporte dos elementos não deverão ser realizados até que o concreto neles aplicado tenha alcançado, pelo menos, 50% da resistência característica especificada, salvo indicação em contrário nos desenhos de projeto.

O içamento dos elementos de concreto pré-moldado deverá ser realizado nos pontos de apoio indicados nos Desenhos de Projeto.

O transporte dos elementos deverá ser efetuado em caminhões com suportes especiais para esta operação. Não serão aceitas peças que apresentem fissuras causadas por imperícias no transporte ou no carregamento.

O empilhamento dos elementos de concreto pré-moldado deverá ser feito mediante a utilização de madeira ou outro material resistente, que apresente formato adequado ao apoio e isolamento entre os elementos.

4. CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

4.1. Objeto

Esta Seção trata da execução do maciço de concreto compactado a rolo - CCR previsto na barragem/vertedouro.

Estes trabalhos deverão ser realizados conforme indicado nos Desenhos.

O CCR (Concreto Compactado a Rolo) é o produto resultante da combinação de agregados graúdos e miúdos com granulometria controlada, à qual são adicionados materiais aglomerantes tais como cimento e materiais pozolânicos. Os materiais são misturados com água até certo grau de umidade, de modo a ser obtida uma consistência seca ("no-slump") suficiente para ser vertido por caminhões basculantes ou em correias transportadoras, com espalhamento executado por equipamentos convencionais de terraplenagem e compactado por rolo vibratório liso.

A CONSTRUTORA deverá prever a alocação de equipamentos de reserva, para todas as fases do trabalho, englobando a produção, transporte, lançamento, espalhamento e compactação do CCR, considerando-se que não serão permitidas interrupções superiores a 30 minutos no processo construtivo.

4.2. Ensaios

Ficará a cargo da CONSTRUTORA a execução de todos os estudos de dosagem e dos ensaios referentes à determinação das propriedades dos materiais, concretos e outros considerados necessários pelo projeto, assim como os ensaios de controle de qualidade da obra estabelecidos nesta seção e demais itens.

Antes de iniciar os trabalhos, será efetuado uma pista experimental de CCR para definir os critérios executivos. A CONSTRUTORA deverá utilizar os mesmos equipamentos e materiais que serão empregados na continuação dos trabalhos.

A CONSTRUTORA deverá elaborar um plano de Controle da Qualidade para o CCR antes do início dos trabalhos de concretagem.

4.3. Materiais

4.3.1. Material cimentício

Deverá ser utilizado como material cimentício o cimento Portland pozolânico, outros tipos de materiais tais como; os cimentos Portland comum, complementados com pozolana ("fly-ash").

Estes materiais cimentícios deverão obedecer às prescrições da ET-5 e das normas NBR 5735, 5736 e 5739 da ABNT.

4.3.2. Agregados

O agregado graúdo de dimensão máxima de 50 mm será obtido na mesma central de britagem dos agregados de concreto convencional e, portanto, apresentando as mesmas características quanto à qualidade e à granulometria que se encontram estabelecidas na ET-5. Com base em resultados a serem obtidos a partir da análise do material britado, estudos de laboratório e da pista experimental será estabelecido a proporção da mistura.

No CCR será empregada areia artificial obtida de britagem de rochas, ou areia natural da mesma forma que no concreto convencional.

A areia artificial, que irá compor a mistura de CCR deverá ser produzida na central de britagem, prevista também para os agregados do concreto convencional, apresentando portanto as mesmas características do agregado miúdo definidas nas Especificações. Esta areia artificial para o traço de CCR será designada também como "agregado miúdo".

A areia artificial, que será utilizada no traço do CCR, deverá conter no mínimo 8%, em peso, de grãos passando na peneira nº 200. Este agregado deverá fixar no mínimo 30 mgf de CaO por 100 mgf de material passante na peneira nº 200.

A composição granulométrica dos agregados resultantes deverá ser orientada pela faixa dada pela expressão a seguir:

$$P = [(d/D_{m\acute{a}x.})^{1/3} \times 100] \pm 5\%$$

onde:

P (%) = percentagem de agregado passante na peneira de malha "d"

d = tamanho da abertura da peneira (mm)

D_{máx.} = dimensão máxima característica do agregado (mm)

De acordo com a fórmula acima e para $D_{\text{máx.}} = 50 \text{ mm}$, a composição granulométrica da mistura deverá ser a seguinte:

Peneira malha quadrada padrão americano		porcentagem acumulada passante em peso
2"	(50 mm)	100
1/2"	(38 mm)	86-96
1"	(25 mm)	75-85
3/4"	(19 mm)	67-77
1/2"	(12,5 mm)	58-68
3/8"	(10 mm)	53-63
nº 4	(4,8 mm)	41-51
nº 8	(2,4 mm)	31-41
nº 16	(1,2 mm)	24-34
nº 30	(0,6 mm)	18-28
nº 50	(0,3 mm)	13-23
nº 100	(0,15 mm)	9-19

O material passante na peneira nº 200 deverá ter seus limites determinados na composição granulométrica, de acordo com os valores mínimos descritos para o agregado miúdo, porém em qualquer hipótese o agregado miúdo deverá conter, pelo menos, 8% de material passante na peneira nº 200.

Os materiais não deverão ser lavados, para evitar a remoção dos finos provenientes do processo de britagem.

4.3.3. Água de amassamento e cura

A água para amassamento e cura do concreto, deverá atender ao especificado na EB-2059. Deverá ser limpa e isenta de quantidades inadmissíveis de silte, matéria orgânica, óleo, álcalis, sais, despejos de esgotos e outras substâncias nocivas, conforme determinado pelos ensaios.

A CONSTRUTORA deverá providenciar instalações para o armazenamento de água, de maneira a garantir a continuidade das operações de concretagem e cura durante eventuais acidentes ou eventos que impeçam o abastecimento normal.

4.4. Composição dos concretos e argamassa

As composições dos concretos e argamassa descritos a seguir tem caráter orientativo visto que, as dosagens a serem aplicadas na Obra serão estabelecidas e otimizadas no decorrer dos trabalhos, subsidiadas, principalmente, pelos resultados da pista experimental e de ensaios tecnológicos de laboratório.

4.4.1. Características do concreto compactado a rolo

A resistência característica a compressão do CCR (fck) deverá atingir um valor mínimo de 8,0 MPa aos 180 dias.

A densidade mínima do CCR deverá ser de 24 kN/m³.

Na seção transversal da barragem/vertedouro é previsto a aplicação da argamassa de ligação entre as camadas de CCR conforme mostrado nos Desenhos. Para esta argamassa deverá ser atingido o valor característico de 12,0MPa (fck) na idade de 90 dias.

A espessura final das camadas compactadas deverá ser de 0,30 m.

Os resultados de estudos de laboratório permitirão definir os traços a serem empregados.

As características do concreto deverão ser confirmadas de acordo com os resultados dos ensaios realizados com os materiais locais.

4.4.2. Concreto convencional

O concreto convencional de regularização e de base e o concreto convencional a ser aplicado na face de montante e de jusante deverão ter preliminarmente, as resistências características fck e as idades de controle como indicados nos Desenhos e especificações.

4.4.3. Argamassa de ligação

A argamassa a ser utilizada nas juntas entre camadas de CCR terá, preliminarmente, relação cimento: areia, em peso, variando de 1:4 a 1:5 e fator água/cimento, A/C=1 ± 5%. Sua aplicação deverá ocorrer nas regiões indicadas nos Desenhos.

4.5. Central para concreto compactado a rolo

O preparo do CCR e do concreto convencional deverá ser efetuado em centrais de concreto diferentes. As instalações para produção de CCR devem possibilitar uma mistura homogênea dos componentes, sem segregação e no tempo de amassamento especificado.

4.6. Arranque da fundação

4.6.1. Preparo da fundação

Todas as depressões e sulcos da rocha de fundação deverão ser cuidadosamente limpos e isentos de impurezas e água, e preenchidos com concreto de regularização, que será adensado por vibrador de imersão.

Nas áreas relativamente planas da fundação, deverá ser lançada uma camada de concreto convencional de regularização com espessura mínima de 0,30 m. Nas áreas muito planas e regulares, quando a concretagem for executada imediatamente antes do lançamento do CCR, esta espessura poderá ser reduzida, sem se tornar inferior a 0,05 m.

Em qualquer situação o concreto convencional deverá ser lançado sobre a rocha em condições de superfície saturada.

4.6.2. Contato com os taludes de rocha

Nos locais adjacentes aos taludes de rocha ou nas superfícies inclinadas da rocha da fundação, deverá ser lançado previamente uma camada de base de concreto convencional, com altura igual à da camada de CCR e largura de 0,30 a 0,40 m.

4.7. Transporte

O concreto a ser compactado deverá ser transportado da central de concreto até o local de lançamento, o mais rápido possível, sem que ocorra contaminação e secagem. O tempo entre o início da mistura e o fim da compactação não deverá ser superior a 40 minutos.

O transporte será realizado por correia transportadora ou por caminhões basculantes, ou outro equipamento alternativo aprovado.

Caso se opte pelo uso de correias transportadoras, estas deverão ser operadas com velocidades adequadas, de maneira a atender as exigências da produção, sem que haja a segregação dos materiais. Todas as correias deverão contar com dispositivos para proteger o concreto transportado, para evitar a secagem pelo vento ou pelo sol ou a saturação pelas chuvas.

A CONSTRUTORA, caso seja necessário, providenciará a colocação de anteparos nas extremidades dos transportadores e dentro dos depósitos, para limitar as quedas livres, e em outros pontos em que puderem ocorrer fenômenos de segregação.

Sendo utilizados caminhões para transporte do concreto a ser compactado, obrigatoriamente, antes de entrarem na praça de lançamento para descarga do concreto, os caminhões deverão ter suas rodas lavadas numa pista de acesso, para evitar que as superfícies de concretagem sejam contaminadas. O trecho da pista de acesso onde será feito o controle de lavagem das rodas dos caminhões deverá ser forrada com fragmentos de rocha para facilitar a drenagem.

Contaminações nas pistas de acesso ao local de lançamento deverão ser eliminadas antes da chegada de novo carregamento de CCR.

Qualquer segregação que resultar de queda vertical, quando a caçamba do caminhão estiver inclinada, deverá ser corrigida manualmente ou retrabalhando-se os materiais de forma efetiva durante o espalhamento.

Os veículos deverão ser mantidos em boas condições de operação e não deverão deixar nas praças de lançamento óleo, graxa ou qualquer outro material contaminante.

Os veículos deverão ser manobrados sem golpe de direção, paradas repentinas ou outros procedimentos que danifiquem a camada de CCR sobre a qual estejam trafegando. No caso de uma camada ser danificada pela operação do veículo, a superfície danificada deverá ser limpa e o material danificado retirado.

O transporte de concreto convencional para as praças de lançamento de CCR será feito, de preferência, por caminhão betoneira.

4.8. Lançamento

4.8.1. Concreto de regularização

Não será permitido o lançamento do CCR em contato direto com a fundação em rocha, devendo ser utilizada uma camada de concreto convencional de regularização, tal como especificado. No lançamento desta camada de base poderão ser utilizados guindastes providos de caçamba.

4.8.2. Lançamento do concreto compactado a rolo

O lançamento do concreto consistirá da descarga através de correias transportadoras providas de anteparos para controlar a segregação ou por descarga direta dos caminhões basculantes, diretamente nas frentes de concretagem. Caso ocorra alguma segregação durante a descarga, a mesma deverá ser corrigida por paleamento. O CCR nunca deverá ser descarregado de encontro às formas.

A capacidade dos equipamentos propostos e o ritmo construtivo a ser imprimido, deverá atender ao planejamento de construção, aos requisitos destas Especificações e às exigências do Projeto.

A espessura final da camada compactada deverá ser de 0,30 m.

O CCR deverá ser descarregado sobre a camada que estiver sendo espalhada, em sub-camadas, até se obter uma camada nivelada com a espessura final aprovada.

Nenhum concreto deverá ser lançado sobre uma camada que tenha sido considerada como suspeita e que esteja sendo analisada para fins de aprovação ou rejeição.

4.8.3. Interrupções de lançamentos em períodos chuvosos

Nas superfícies em que o lançamento for interrompido, devido a fortes chuvas inesperadas, o CCR lançado deverá ser imediatamente compactado e como medida de proteção adicional, a camada deverá ser protegida da chuva com emprego de coberturas impermeáveis.

No caso de uma camada ainda não compactada receber uma chuva forte, sem proteção, o concreto deverá ser removido.

O CCR não deverá ser lançado durante o período chuvoso nas seguintes hipóteses:

- ocorrência de chuvas torrenciais capazes de lavar a superfícies dos agregados do concreto recém - compactado;
- penetração de água pluvial na massa do concreto recém-lançado e ainda não compactada, modificando a umidade da mistura em mais de 1%;
- precipitações superiores a 7 mm/h (0.7 mm em 6 minutos).

A produção deverá ser paralisada sempre que alguma água superficial livre comece a se acumular sobre o concreto ou após a compactação, quando ocorrer formação de trilhas ou qualquer avaria inaceitável.

4.8.4. Intervalo e preparação das juntas de construção

O intervalo máximo entre o lançamento de camadas de CCR será definido através da pista experimental. Em princípio poderá ser de 4 horas para o período diurno e de 8 horas para o período noturno.

Os desenhos mostram zonas do maciço CCR onde se requer argamassa de ligação entre camadas superpostas.

Em função destes dois fatores - intervalo de tempo entre dois lançamentos consecutivos e posição dentro do maciço - os seguintes critérios de lançamento e tratamento de juntas devem ser obedecidos:

Intervalo de tempo entre camadas consecutivas	Zona onde se prevê Argamassa de ligação	Zona onde não se prevê argamassa de ligação
< 4 (diurno) e 8 (noturno) horas	A nova camada pode ser lançada sem qualquer tratamento (*)	
< entre 4 (diurno) e 8 (noturno) e 24 horas	<ol style="list-style-type: none"> 1. limpeza da superfície com jato de ar (**) 2. lançamento da argamassa de ligação 3. lançamento da nova camada de CCR 	<ol style="list-style-type: none"> 1. limpeza da superfície com jato de ar (**) 2. lançamento da nova camada de CCR
> 24 horas	<ol style="list-style-type: none"> 1. preparação da superfície com escova giratória ou jato de ar e água (***) 2. lançamento da argamassa de ligação 3. lançamento da nova camada de CCR 	<ol style="list-style-type: none"> 1. limpeza da superfície com jato de ar (**) 2. lançamento da nova camada de CCR

(*) Prevê-se que sua ocorrência será eventual.

(**) A limpeza deve ser feita com jatos de ar úmido, pressão de 0,7 MPa.

(***) Se o intervalo de tempo for pouco maior do que 24 horas e dependendo do estado da superfície, poderá ser recomendada limpeza apenas com jato de ar úmido.

4.8.5. Argamassa de ligação

A argamassa de ligação entre camadas, onde prevista, deverá ser lançada imediatamente antes do concreto com consistência bem plástica, espalhada com rodo ou projetada por via úmida, numa espessura de 1,0 cm. O espalhamento da argamassa deverá ser feito de modo que sua superfície não fique exposta por muito tempo, devendo se lançar a camada sobrejacente de CCR no menor espaço de tempo.

A exposição da argamassa durante o dia ficará limitada a 20 minutos e durante a noite a 40 minutos, dependendo da temperatura e presença de vento. Caso o tempo de exposição, até a cobertura pelo CCR, supere ao aqui indicado, a argamassa deverá ser

removida. Neste caso, a superfície deverá ser novamente tratada e nova camada de argamassa lançada.

Um sistema adequado de lançamento de argamassa é o que utiliza um circuito independente, provido de uma bomba de argamassa projetada, para reduzir a área de espalhamento, com as vantagens de:

- eliminar o risco de uma exposição prolongada, pois o seu lançamento será feito em paralelo com o concreto;
- evitar que as rodas do caminhão-basculante penetrem na área argamassada por ocasião do lançamento.

O sistema a ser efetivamente usado deverá ser testado na pista experimental e aprovado.

O trabalho deverá ser interrompido quando houver precipitação pluviométrica que venha a prejudicar o lançamento do CCR, devendo o material recém - lançado, ser protegido com manta de plástico.

A superfície do CCR ao receber a argamassa deve estar em condições de saturada seca, devendo as poças de água ser removidas por equipamentos de aspiração ou outro método aprovado.

4.8.6. Concreto convencional

No paramento de montante será lançado concreto convencional conforme mostrado nos Desenhos e especificações. O lançamento será do tipo "árvore de natal" em camadas na mesma espessura do lançamento do CCR.

4.8.7. Concreto convencional nos contatos com os taludes de rocha

Nos locais adjacentes aos taludes de rocha ou nas superfícies inclinadas da rocha da fundação, deverá ser lançada previamente uma camada de concreto convencional de base.

4.8.8. Lançamento de CCR junto à forma

Nos locais em que o CCR for lançado junto à forma, como nos paramentos e nas galerias, os seguintes cuidados deverão ser tomados:

- rolo vibratório não deverá compactar o concreto junto a forma, observando-se um espaçamento em torno de 0,30 m;
- a camada será dividida em duas sub-camadas;
- a compactação desta sub-camada com largura aproximada de 0,30 m, deverá ser feita com vibrossoquetes e complementada com rolo vibratório manual ou de pequena dimensão.

4.9. Espalhamento do concreto

O espalhamento deverá ser feito com trator de esteiras do tipo D6 ou similar, e executado de forma a tornar a superfície a mais plana possível.

Uma forma prática de produzir uma superfície plana é estabelecer referências topográficas. Estas referências são marcadas (tracejadas) com tinta bem visível nas formas de montante e jusante. Nestas referências poderão ser marcados o número das camadas, elevação ou mesmo outras observações de interesse (nível de galeria, dreno horizontal, etc).

De modo geral, o equipamento de espalhamento deverá operar somente com o material não compactado, não sendo permitido que manobre sobre o concreto após a sua compactação, para não danificá-lo. Equipamento especial deverá ser previsto para descarga e espalhamento em áreas confinadas, como nas partes irregulares das fundações e outros locais.

O espalhamento deverá ser efetuado de maneira a não causar segregação, com equipamento com capacidade de produção compatível com a quantidade de material descarregada pelo equipamento de transporte.

Se houver paralisação para mudança de forma, a última camada deve estar ligeiramente abaulada, com declividade de 1 a 2% para as laterais, para evitar acúmulo de água.

A camada de concretagem será composta por faixas adjacentes, cuja largura não deverá ser inferior a 1,8 vezes a largura do cilindro do rolo vibratório.

O intervalo de tempo entre o lançamento de duas faixas adjacentes não deve ultrapassar 60 minutos. No caso deste limite ser ultrapassado por qualquer contingência na produção ou transporte do concreto, a última faixa deverá ser semi-preparada com uma passada de rolo sem vibração para fechar a superfície. Se a concretagem prosseguir, a costura entre as faixas em questão será feita normalmente. Se a interrupção se aproximar de 4 horas no turno diurno e 8 horas no turno noturno, a rampa deverá ser completada.

O comprimento de faixa a ser compactada não deverá ser inferior a 4 ou 5 vezes o do comprimento do equipamento compactador.

A espessura da camada no espalhamento deverá exceder de 8 a 10% a espessura final da camada compactada, ou como verificado na pista experimental.

4.10. Adensamento

A compactação deve ser efetuada com rolos vibratórios lisos, de tambor duplo, peso nominal de 10 tf, frequência de vibração variável até um máximo da ordem de 2.500 impactos por minuto. Deverão ser utilizados rolos de compactação manual e adensadores manuais de placa, junto aos paramentos da barragem e do vertedouro, paredes das galerias de drenagem, de juntas de contração induzidas, ao redor de peças embutidas e dos poços de aeração. Esta compactação, com rolos vibratórios manuais, vibrossoquetes ou placas, deverá assegurar os mesmos resultados obtidos com os rolos compactadores.

A compactação deve ser iniciada tão logo a camada do concreto recém-lançado tenha sido regularizada.

A espessura final da camada compactada deverá ser de 0,30 m.

O número de passadas será determinado de acordo com as características do rolo vibratório, através dos testes efetuados na pista experimental e deverá estar situado entre um mínimo de 6 (seis) e um máximo de 10 (dez) passadas. Este número deverá ser suficiente para que o CCR atinja uma massa específica úmida de 97% da massa específica úmida teórica (soma do peso de todos os materiais utilizados, em um determinado traço, para produzir um metro cúbico de concreto).

O procedimento de compactação, a ser aferido na pista experimental, prevê que as duas primeiras passadas sejam realizadas sem vibração e as demais com rolo vibrando.

As características do rolo, fornecidas pelo fabricante, principalmente peso e frequência, deverão ser previamente aferidas e verificadas periodicamente.

Pelo menos dois rolos em boas condições de operação, e que atendam à presente especificação, deverão ser mantidos em tempo integral com seus operadores, na área de lançamento, durante todo o tempo em que se processar o adensamento da camada.

Na compactação de uma faixa, o rolo compactador deverá sobrepor a faixa adjacente numa largura mínima de 0,30 m.

A condição ideal da compactação do CCR aparece, visualmente, quando a superfície apresenta um filme de água ou um brilho tênue, e o rolo vibratório mostra-se semi-molhado. Esta condição é uma forma indireta do controle de umidade do CCR e corresponde a um tempo de vibração de 15 a 20 segundos.

4.11. Cura

Após a compactação deverá ser mantida uma neblina com ar e água, até o início da cura normal do CCR, que deverá seguir os procedimentos adotados para o concreto convencional. O umedecimento da camada deverá ser permanente, evitando que as mesmas fiquem alagadas ou encharcadas.

Não deverão ser aplicados jatos de água de forma concentrada ou sob pressão para evitar a erosão da superfície fresca do CCR. Qualquer superfície que vier a ser danificada por erosão e que exponha o agregado graúdo deverá ser tratada com argamassa de ligação.

4.12. Juntas

4.12.1. Juntas de contração

As juntas de contração plenas no corpo da barragem/vertedouro serão executadas na seção completa, a cada 20 m ao longo do eixo, coincidentes com as juntas do concreto convencional da face de montante conforme mostrado nos desenhos.

4.12.2. Juntas de construção

As juntas de construção programadas para limitar praças de lançamento, para redução de volume, jornada de trabalho ou outro motivo de interesse da CONSTRUTORA deverão

ser previamente aprovadas pela Projetista e executadas com formas de modo a coincidir com as juntas de contração projetadas para a estrutura.

Não serão admitidas juntas de construção longitudinais à barragem/vertedouro.

4.13. Formas

As formas deverão ser projetadas de maneira a não interferir com o lançamento do CCR.

As formas serão executadas em conformidade com os locais de aplicação, sendo os painéis fixados na rocha para as primeiras camadas ou fixados em camadas subjacentes para camadas superiores.

4.14. Execução da junção entre o CCR e os concretos convencionais

A junção entre o CCR e os concretos convencionais, prevista para a barragem na face de jusante e nos taludes inclinados da rocha de fundação, principalmente, nas ombreiras, deve ser executada cuidadosamente obedecendo ao seguinte procedimento:

- lançar o concreto convencional próximo à forma ou junto à rocha de fundação com volume compatível com a largura final especificada e a altura final da camada de compactação;
- lançar o CCR com uma altura adequada para a camada compactada, encostando-o no concreto convencional;
- consolidar o concreto convencional através de vibrador de imersão, antes que o mesmo complete 1 hora desde sua produção na central, eliminando totalmente os vazios, principalmente, junto à forma ou à rocha;
- a vibração junto ao CCR deverá unir os dois tipos de concreto, fazendo uma junção a mais solidária possível. Os vibradores de imersão devem ser introduzidos verticalmente e retirados vagarosamente, em intervalos variáveis de 0,30 a 0,40 m;
- executar a compactação do CCR com o número de passadas prescrito, no sentido paralelo ao da junção com o concreto convencional;
- após a compactação com o rolo vibratório, proceder a revibração do concreto convencional, forçando o vibrador de imersão contra o CCR;
- antes que o concreto convencional entre em início de pega, compactar sua junção com o CCR, com rolo vibratório pequeno ou placa vibratória, no sentido da junção, fazendo com que o nível seja o mesmo para os dois concretos.

4.15. Drenagem e galerias

O maciço de CCR contará com sistemas de drenagem internos para assegurar a coleta e condução controlada dos fluxos de água percolados, conforme mostrados nos Desenhos.

São previstas, no corpo do maciço de CCR, duas galerias de inspeção e drenagem. Estas galerias estarão interligadas com os túneis de drenagem nas ombreiras.

As galerias deverão ser construídas com formas laterais e o teto com laje de concreto pré-moldado.

4.16. Ensaios de controle

4.16.1. Concreto convencional

Os concretos convencionais a serem utilizados seguirão o controle estabelecido para os concretos convencionais das demais estruturas.

4.16.2. Concreto compactado a rolo

a) Central de britagem

Os ensaios de agregados serão efetuados de conformidade com as normas aplicáveis da ABNT ou outras. A CONSTRUTORA executará os ensaios de controle de rotina nos agregados, nos diversos estágios das operações de processamento, transporte, empilhamento, recuperação e mistura.

b) Central de concreto

- Tempo de vibração e teor de umidade

A cada 2 horas será feita amostragem do CCR para determinação do tempo de vibração e teor de umidade do CCR.

- Moldagem de corpos de prova

A cada turno de trabalho serão feitas 2 amostragens para ensaios de resistência à compressão em corpos de prova de 15 x 30 cm e determinação da massa específica.

c) Na praça de lançamento

- Teor de cimento

Após espalhamento do CCR e imediatamente antes da compactação será retirada uma amostra de CCR, não inferior a 50 kg para determinação em laboratório do teor do cimento, na frequência de 2 determinações por turno de trabalho.

- Densidade "in situ"

O número de passadas do rolo compactador deverá ser definido durante a execução da pista experimental, de tal forma a satisfazer as exigências da massa específica úmida do CCR. A massa específica úmida do CCR deverá ser determinada com densímetro nuclear ou outro processo.

A massa específica úmida mínima será a média de pelo menos três determinações nas profundidades da camada de CCR compactada. A referida média deve ser superior a 97% da massa específica úmida teórica, não se aceitando determinações individuais com valores inferiores a 95% da massa específica úmida teórica.

Caso a média seja inferior a 97% da massa específica úmida teórica, devem ser realizadas novas determinações em um raio máximo de 1,5 m para constatar que não houve erros na primeira determinação. Em caso de persistirem os resultados com médias inferiores a 97% da massa específica úmida teórica, deve ser feita a recompactação, com passadas adicionais.

Inicialmente a extração de testemunhos deverá ser de 3 metros lineares a cada 10.000 m³ de CCR lançado.

- Extração de testemunhos através de sondagens rotativas para execução de ensaios de resistência à compressão, massa específica e permeabilidade através de ensaios de perda d'água.

4.17. Pista experimental

Antes do início dos trabalhos definitivos a CONSTRUTORA deverá executar uma pista experimental, cujos objetivos principais são:

- ajustar as dosagens definidas para uso, quanto a trabalhabilidade, umidade e densidade;
- conhecer o desempenho dos equipamentos, principalmente do rolo vibratório e do tipo de compactador a ser utilizado nas regiões não acessíveis ao rolo vibratório;
- definir o número de passadas do rolo vibratório em função da trabalhabilidade e densidade requeridas;
- investigar intervalos de lançamentos sucessivos, diurno e noturno, em termos de tempos de exposição admissíveis;
- investigar situações de juntas de concretagem quanto a aderência e tipos de tratamento;
- testar o método executivo de juntas induzidas;
- investigar alternativas construtivas, tais como:
 - lançamento e adensamento do CCR junto às formas (simulando adensamento a jusante);
 - lançamento e adensamento do CCR e concreto convencional junto à rocha, nas ombreiras;
- extrair testemunhos para:
 - avaliar a qualidade do CCR e concreto convencional através da caracterização de suas propriedades mecânicas, elásticas e de permeabilidade;
 - avaliar aderência entre camadas e alternativas de construção investigadas.

A pista experimental servirá também como área de prática, treinamento e orientação dos envolvidos nesses trabalhos.

4.18. Instrumentação

Para o monitoramento da fundação previu-se apenas instrumentação de tipo piezométrico, para verificar os critérios de sub-pressão admitidos no projeto.

Nas estruturas de concreto deverão ser monitoradas:

- variações de temperatura no CCR, por meio de uma rede de termômetros elétricos;
- ocorrência de pressões de percolação no CCR, particularmente nas juntas entre camadas, por meio de piezômetros pneumáticos ou elétricos;
- medição de movimentos nas juntas do CCR e entre a face de montante, de concreto convencional, e a estrutura de concreto rolado, por meio de extensômetros elétricos embutidos no concreto;
- medição das vazões de infiltração através da face de montante.

A finalidade principal do programa mostrado nos Desenhos é a de permitir avaliar a quantidade de instrumentos que se programa instalar e as dificuldades construtivas que poderão resultar deste trabalho.

A definição final dos tipos e locação dos instrumentos específicos, a serem implantados nas estruturas de CCR, será feita no decorrer do desenvolvimento do Projeto Executivo.

Em caso de acidente e danos à instrumentação a CONSTRUTORA providenciará os reparos necessários ou a total substituição dos mesmos.

5. ARMADURAS, BARRAS DE ANCORAGEM, TIRANTES E TELAS DE AÇO SOLDADAS

5.1. Objeto

Esta Seção abrange a execução de todos os trabalhos relacionados com armaduras, telas de aço, barras de ancoragem e tirantes.

A CONSTRUTORA deverá fornecer, cortar, dobrar e colocar todas as armaduras que incluem barras ou telas soldadas, arames e acessórios, como mostrado nos Desenhos.

Os Desenhos de Contrato, de uma forma geral, indicam apenas as armaduras principais. Os estribos, distribuições e outras armaduras secundárias serão apresentados no Projeto Executivo.

5.2. Aço para armaduras e barras de ancoragem

5.2.1. Generalidades

Salvo especificação em contrário, os aços para as armaduras e barras de ancoragem deverão ser de categoria CA 50 (de alta aderência, $\eta_b=1,50$) ou de categoria CA 25 (que poderá apresentar baixa aderência, $\eta_b=1,0$) e atender as especificações e normas aplicáveis da ABNT, em especial a NBR 7480.

Nos Desenhos de Projeto estão indicados a localização geral e os dobramentos típicos das barras consideradas no projeto das estruturas de concreto. Durante a execução da obra, serão fornecidos os Desenhos Executivos de armaduras, acompanhados das listas de ferros e esquemas de dobramento do aço, mostrando, em detalhe, como deverão ser preparadas e montadas as armaduras e as barras de ancoragem.

5.2.2. Fornecimento e ensaios

Os lotes recebidos na obra deverão ser marcados com a identificação do nome da siderúrgica, categoria do aço e número do lote, de tal maneira que possam ser facilmente correlacionados com os correspondentes certificados de ensaios anexos a cada fornecimento.

Poderá ser solicitada a realização de testes em determinadas partidas de aço, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela ABNT.

Todas as armaduras e barras de ancoragem deverão estar isentas de ferrugem, óleo, graxa ou outras películas que possam reduzir sua aderência ao concreto.

5.2.3. Manuseio e estocagem

O aço para as armaduras e barras de ancoragem deverá ser estocado afastado do solo, em grupos separados, de acordo com a categoria do aço, bitola e lotes de fornecimento, a fim de permitir rapidez no acesso e facilitar a inspeção, sempre que necessária.

5.2.4. Preparo e colocação da armadura

a) Corte e dobramento

A CONSTRUTORA deverá cortar e dobrar todo o aço, de acordo com o cronograma de construção, utilizando métodos e equipamentos usuais. Todos os cortes e dobramentos serão executados somente a frio, não se aceitando o endireitamento de barras já dobradas ou o redobramento das mesmas, exceto quando expressamente permitido pela PROJETISTA.

As barras não deverão ser dobradas com auxílio de calor, nem após o seu embutimento no concreto, salvo se expressamente indicado no Projeto.

O aço cortado e dobrado deverá atender as indicações dos Desenhos de Projeto e possuir etiqueta, à prova d'água, que permita a sua identificação a que se destina, sendo, então, convenientemente estocado em áreas demarcadas.

b) Montagem e fixação

Todas as armaduras deverão ser mantidas em posição, mediante o emprego de suportes, espaçadores, tirantes de metal ou concreto.

Nas interseções, as barras deverão ser firmemente atadas com arame próprio para esta finalidade. Os suportes deverão ter resistência e rigidez suficiente para manter a armadura em posição durante toda a operação de concretagem. Os suportes deverão ser tais que não prejudiquem a concretagem e não fiquem expostos ou contribuam, de alguma forma, para a deterioração do concreto.

Durante as concretagens, deverão ser tomados cuidados especiais para a remoção de concreto fresco aderido à ferragem que ficará exposta, a fim de que o concreto não endureça sobre a armadura.

c) Espaçamento, cobrimento e emenda

Os espaçamentos das barras deverão obedecer ao indicado nos Desenhos de Projeto e atender as tolerâncias indicadas na alínea "d" deste sub-item. As distâncias livres deverão atender o disposto no item 6.3.2 da NBR 6118.

O cobrimento das armaduras, ou seja, a distância livre entre a superfície do concreto e a face da armadura, deverá obedecer às dimensões indicadas nos Desenhos de Projeto, respeitando as tolerâncias indicadas na alínea "d" deste sub-item.

As emendas das barras de aço para as armaduras poderão ser executadas por qualquer dos processos especificados no item 6.3.5 da NBR 6118. Nos Desenhos Executivos as emendas das barras de aço serão indicados por traspasse ou, quando necessário, por solda ou luva.

O comprimento das emendas deverá ser, no mínimo, o indicado nos Desenhos Executivos. Estes serão elaborados considerando os planos de concretagem e posicionando as emendas segundo as juntas previstas nesses planos.

Os serviços de solda das barras deverão ser executados em instalações especiais, ao abrigo de intempéries, evitando-se um resfriamento brusco.

Deverão ser realizados ensaios prévios das soldas, executadas do mesmo modo e com o mesmo equipamento e pessoal empregados na obra, assim como ensaios posteriores para controle, de acordo com as Normas NBR 11919/78 e NBR 8548/84. As soldas deverão evidenciar eficiência total. O controle de qualidade das soldas será supervisionado através de ensaios de laboratório.

Caso haja interesse da CONSTRUTORA no reaproveitamento de barras curtas, a emenda por solda poderá ser adotada, desde que:

- atenda estas Especificações;
- seja utilizada solda de topo por pressão, com duas emendas por barra;

d) Tolerâncias de Construção

Os trabalhos de construção serão realizados cuidadosamente e com precisão, respeitando as posições, níveis e dimensões indicados no Projeto.

Nos casos em que não houver especificações de tolerância mais restritivas, devidas a circunstâncias especiais, deverão ser respeitados os seguintes valores:

- Tolerância para cobrimento da armadura:
 - a tolerância para menos será de $0,25 \sqrt[3]{c}$ sendo c (cm) o cobrimento da armadura;

- a tolerância para mais será de $0,50 \sqrt[3]{c}$, sendo $c(\text{cm})$ o cobrimento da armadura;
- Tolerância para espaçamento entre barras:
 - a tolerância máxima aceitável será igual a $(s+0,5\sqrt[3]{s})$, sendo s (cm) o espaçamento entre as barras.
- Tolerância de retilineidade das barras:
 - antes do corte e dobramento, deverá ser verificada a retilineidade de cada barra e, se necessário, antes de sua colocação na forma, deverá ser verificada a retilineidade dos trechos retos. Qualquer retificação somente será permitida caso não sejam alteradas suas propriedades mecânicas;
 - o desvio do eixo da barra ou de seus trechos retos, com relação à linha reta teórica, não poderá exceder a 0,5% do comprimento de qualquer de sua extensão, nem exceder o limite de 2,50cm.
- Tolerância para medidas lineares:
 - a tolerância para medidas lineares, na direção do eixo da barra da armadura, será igual a $0,5 \sqrt[3]{a}$, sendo a (cm), o comprimento não desenvolvido da barra;
- Tolerância para deslocamentos longitudinais:
 - o máximo deslocamento longitudinal de uma barra, em relação à posição prevista nos Desenhos de Projeto, será igual a $\sqrt[3]{\ell}$, sendo ℓ (cm) o comprimento não desenvolvido da barra.

5.3. Barras de ancoragem

5.3.1. Generalidades

As barras de ancoragem deverão atender as especificações da NBR 5629, como mostrado nos Desenhos de Projeto.

A colocação das barras deverá ser feita imediatamente após a conclusão da escavação da área, tomando-se cuidado com fogos próximos, durante a pega da argamassa de preenchimento, como especificado no item 3. Em geral, as barras de ancoragem terão diâmetro de 32 mm ou 25 mm, em aço CA 50 (de alta aderência $\eta_b \geq 1,5$), devendo atender as condições estabelecidas nas Especificações Técnicas, referentes às características, fornecimento, corte, dobramento e outras, quando aplicáveis.

5.3.2. Perfuração

A não ser onde especificamente definido em contrário, a perfuração deverá ser efetuada com equipamento rotopercussivo.

A profundidade, inclinação e localização dos furos serão as indicadas nos Desenhos de Projeto.

Em geral, os furos deverão ter diâmetro de 75 mm e 64 mm, para a utilização de barras com diâmetro de 32 mm e 25 mm, respectivamente. Em ambos os casos a profundidade será da ordem de 6,0 m. Esses valores poderão ser aumentados ou reduzidos, conforme a necessidade dos serviços.

5.3.3. Preparação dos furos

Os furos para as barras de ancoragem deverão ser lavados com água limpa, utilizando-se jatos alternados de água e ar, até remover todos os resíduos de perfuração. No caso em que as barras não devam ser imediatamente fixadas nas posições indicadas no Projeto, os furos deverão ser tamponados firmemente e, imediatamente antes da colocação, deverão ser novamente lavados e limpos.

5.3.4. Instalação das barras de ancoragem

Os furos deverão ser preenchidos com argamassa ou nata de cimento não retrátil, imediatamente antes da colocação da barra. Tanto a argamassa como a nata de cimento deverão ser previamente aprovadas com base nos resultados dos ensaios em laboratório.

A barra deverá, então, ser colocada no furo, procurando-se mantê-la axial à furação e movimentando-a, a fim de eliminar possíveis bolhas de ar do interior da argamassa.

O furo deverá, então, ser totalmente preenchido com a mesma argamassa.

Nos furos em que houver água vertendo, a colocação de argamassa será feita do fundo para a boca do furo, por meio de um tubo, a fim de evitar a diluição da argamassa.

Em casos de fluxos d'água sob pressão, será necessário efetuar a drenagem, para reduzir ou eliminar a água vertente.

Poderão ser, também, utilizados aditivos aceleradores de pega que contenham hidróxidos alcalinos, amônia, carbonato de sódio, aluminato de sódio, silicatos, silicofluoretos e trietanolamina. Não será permitida a utilização de aditivos que contenham cloretos.

Quaisquer barras encontradas soltas, depois que a argamassa tenha se solidificado, deverão ser reinstaladas pela CONSTRUTORA, iniciando-se o processo pela retirada da barra, reperfuração e recolocação, de acordo com os procedimentos anteriormente descritos.

O preenchimento com argamassa e a fixação das barras deverão ser realizados com antecedência mínima de 3 dias do lançamento de qualquer concreto adjacente.

5.3.5. Nata de cimento para instalação das barras de ancoragem

A nata de cimento para fixação das barras de ancoragem deve ter fator água/cimento em massa de 0,5. Para melhorar o desempenho da fixação, poderá ser adicionada sílica ativa na proporção de 3 a 5% de massa de cimento. A resistência a compressão da calda deverá ser de 24 MPa aos 28 dias.

5.4. Tirantes

Os tirantes deverão ser instalados conforme indicado nos Desenhos de Projeto

A preparação e a colocação dos tirantes, assim como os ensaios a que serão submetidos, deverão obedecer à norma NBR 5629 da ABNT.

Os ensaios serão executados pela CONSTRUTORA. As hastes dos tirantes deverão ser de aço de alta resistência, com tensão de escoamento maior ou igual a 500 MPa, conforme especificado nos Desenhos de Projeto. A rosca da extremidade da haste deverá ser usinada.

A capacidade dos tirantes será baseada na mínima resistência da parte menos resistente do conjunto.

Todas as recomendações do fabricante relativas às hastes dos tirantes, armazenamento, comprimento de ancoragem, diâmetro e limpeza dos furos, acessórios e outros materiais, bem como aos equipamentos para furação, montagem e protensão, deverão ser observados para garantir uma perfeita instalação dos tirantes.

Após a colocação e tensionamento dos tirantes, periodicamente e em locais determinados, os mesmos deverão ser controlados com torquímetro, a fim de verificar se a tensão no tirante sofreu um decréscimo significativo. Caso esses controles comprovem diminuição na tensão, a CONSTRUTORA deverá tomar as medidas corretivas, que poderão ser:

- refazer os tirantes;
- aumentar a tensão nos tirantes anteriormente colocados;
- diminuir o espaçamento entre os furos futuros;
- colocar tirantes adicionais, de maneira a reduzir o espaçamento entre tirantes já instalados.

Novos controles e medidas corretivas poderão ser requeridos durante o andamento dos serviços.

5.5. Tirantes passantes

Onde houver necessidade, os tirantes passantes deverão ser instalados conforme indicado nos Desenhos de Projeto.

As hastes dos tirantes deverão ser de aço de alta resistência, com tensão de escoamento maior ou igual a 500 Mpa.

As roscas das extremidades das hastes deverão ser usinadas. Os acessórios deverão ser padronizados pelo fabricante dos tirantes.

Os furos deverão ser realizados com equipamento rotopercussivo, a não ser onde especificamente definido em contrário. Os furos deverão ser cuidadosamente lavados e limpos.

As placas deverão ser ajustadas, de maneira que o eixo do tirante fique o mais perpendicular possível ao plano da base das placas.

As roscas deverão estar isentas de ferrugem e de outros materiais indesejáveis. Antes da colocação, as roscas deverão ser untadas com lubrificantes à base de bissulfeto de molibdênio.

Após a montagem, será executado o aperto da porca com o torquímetro até que seja alcançada a tensão exigida. No decorrer da obra, periodicamente e em locais determinados, os tirantes deverão ser controlados com torquímetro, a fim de verificar se a tensão no tirante sofreu um decréscimo significativo. Caso ocorra redução de tensão dos tirantes, a CONSTRUTORA deverá aplicar os mesmos procedimentos corretivos, indicados para os tirantes.

5.6. Telas de aço soldadas

5.6.1. Generalidades

As telas de aço soldadas deverão ser instaladas conforme indicado nos Desenhos de Projeto. Usualmente, tais telas deverão ser aplicadas nos espelhos dos emboques dos túneis de desvio e túneis forçados, nas abóbadas dos túneis e em tratamentos de taludes de escavação em rocha sã, alterada e saprólito.

Poderá ser necessária a aplicação da tela em locais onde forem constatados problemas de instabilidade, provocados por fogos de desmonte, que poderão comprometer a segurança dos trabalhos.

As telas de aço soldadas deverão atender a especificação da NBR 7481 e ser confeccionadas em aço de categoria CA 50 ou CA 60, conforme indicado nos Desenhos de Projeto.

5.6.2. Fornecimento e ensaios

Os ensaios de recebimento e os critérios de aceitação ou rejeição serão aqueles estabelecidos na NBR 7481 da ABNT.

5.6.3. Transporte, manuseio e estocagem

As telas de aço soldadas deverão resistir aos impactos provocados pelo transporte e manuseios normais. O número de quebras de juntas soldadas não deverá exceder a 1% do número total de juntas soldadas por painel.

No caso de rolos, esse número de quebras permissível não deverá exceder a 1% do número total de juntas soldadas em cada 15,0 m² de tela, desde que 50% ou mais do número máximo permitido de juntas soldadas quebradas não sejam localizadas em um único fio.

As telas deverão ser estocadas afastadas do solo e em grupos separados, a fim de permitir e facilitar a sua inspeção, quando necessária.

5.6.4. Colocação e fixação

As telas de aço soldadas deverão ser colocadas nos locais indicados nos Desenhos de Projeto, devendo estar isentas de sujeira, ferrugem, óleo, graxa ou qualquer material que possa prejudicar a aderência.

Todas as telas deverão ser mantidas na posição definitiva, mediante o emprego de suportes, espaçadores de concreto, tirantes ou grampos metálicos.

5.6.5. Espaçamento, cobrimento e emenda

Os espaçamentos dos fios deverão obedecer ao indicado nos Desenhos de Projeto e atender a tolerância no espaçamento de 6 mm, desde que a seção total da armadura, por metro, seja mantida.

O cobrimento mínimo das telas deverá ser de 2 cm, com tolerância de 0,5 cm, quando utilizadas em tratamentos com concreto projetado. Caso sejam utilizadas em estruturas de concreto armado usuais, os cobrimentos mínimos serão aqueles indicados nesta E.T.

As emendas serão feitas apenas por superposição das telas, com comprimentos de traspasse que atendam as recomendações do Projeto Executivo.

Para as emendas das telas aplicadas nos tratamentos com concreto projetado, o traspasse mínimo deverá ser de 15 cm, ou como indicado nos Desenhos de Projeto.

5.6.6. Dimensões

As dimensões (largura e comprimento) e a malha das telas, fornecidas em rolos ou painéis, serão aquelas indicadas nos Desenhos de Projeto.

Serão utilizadas, de preferência, telas com largura normal de fabricação igual a 2,45 m e comprimentos usuais para painéis ou rolos, conforme item 4.2 da NBR 7841 da ABNT.