

NIT 0088 - Controle Tecnológico do Concreto

Revisão nº 01

1. OBJETIVO

1.1. Estabelecer os critérios que orientam as condições, requisitos e procedimentos mínimos do controle tecnológico do concreto, para obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

2.1. Aplica-se a todas as unidades que atuam em obras e serviços de engenharia da DEN.

3. CONCEITOS

3.1. Aceitação do concreto: verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto.

3.2. Aditivo para concreto: produto acionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5% (cinco por cento) da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar as propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo de concreto colorido.

3.3. Agregado: material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto.

3.4. Amostra de concreto: volume de concreto retirado do lote com o objetivo de fornecer informações, mediante realização de ensaios, sobre a conformidade deste lote, para fins de recebimento e aceitação.

3.5. Ar incorporado: bolhas de ar microscópicas incorporadas intencionalmente ao concreto durante a mistura, geralmente pelo uso de aditivos.

3.6. Betonada: menor quantidade de concreto dosado e misturado, que pode ser considerada como uma unidade e tem uma única resistência à compressão.

3.7. Central de concreto: conjunto de instalações onde são realizadas as operações de recebimento, estocagem e dosagem dos materiais componentes do concreto e, conforme o caso, mistura do concreto.

3.8. Cimento Portland: ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais nos teores da ABNT NBR 16697. Durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto forno.

3.9. Coesão: resistência aos esforços de cisalhamento que depende fundamentalmente da natureza e composição da rocha, ou seja, independe das tensões aplicadas.

3.10. Consistência: característica do concreto fresco relacionada à trabalhabilidade, que depende principalmente da quantidade de água na mistura e pode ser medida por diversos métodos, o mais usual é o do abatimento do tronco de cone *slump test*.

3.11. Concreto Autoadensável (CAA): concreto capaz de fluir, autoadensar pelo seu peso próprio, preencher a fôrma e passar por embutidos (armaduras, dutos e insertos), enquanto mantém sua homogeneidade (ausência de segregação) nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento.

3.12. Concreto de cimento Portland: material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais Pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). Para os efeitos desta Norma, o termo "concreto" se refere sempre a "concreto de cimento Portland".

3.13. Concreto dosado em central: concreto dosado em instalações específicas ou em central instalada no canteiro de obra em conformidade com a ABNT NBR 7212, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão-betoneira, transportado por caminhão-betoneira ou outro tipo de equipamento, doado ou não de dispositivo de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que se processem as operações subsequentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades específicas.

3.14. Concreto endurecido: concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica.

3.15. Concreto fresco: concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido.

3.16. Concreto preparado pela contratada da obra: quando a dosagem e a elaboração do concreto são realizadas no canteiro de obras pelo construtor.

3.17. Controle tecnológico: procedimento normalizado que visa o registro e a garantia da conformidade do concreto fresco e endurecido nos concretos preparados e aplicados nas obras de concreto armado, protendido ou pré-fabricado, de acordo com as especificações técnica do projeto estrutural e demais documentos técnicos pertinentes.

3.18. Cura do concreto: é o processo pelo qual o concreto passa enquanto não atingir endurecimento satisfatório, protegendo-o contra agentes prejudiciais para: evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada e a formação de uma capa superficial durável.

3.19. Dosagem: medida dos materiais componentes do concreto para preparo do volume desejado.

3.20. Estudos de dosagem: conjunto de procedimentos necessários à obtenção do traço de concreto para atendimento dos requisitos especificados pelo projeto estrutural e pelas condições da obra.

3.21. Exsudação: quantidade de água que exsuda de uma amostra de concreto fresco. É uma forma de segregação, em que a água da mistura tende a elevar-se à superfície do concreto recém-lançado, podendo causar: enfraquecimento da aderência pasta-agregado, em alguns pontos e aumento de permeabilidade.

3.22. Lote de concreto: volume definido de concreto, elaborado e aplicado sob condições consideradas uniformes (mesma classe, mesma família, mesmos procedimentos e mesmo equipamento).

3.23. Norma Reguladora - NR 18: conjunto de regras que tem o objetivo de estabelecer diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que visam à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

3.24. Relação água/cimento: relação em massa entre o conteúdo efetivo de água e o conteúdo de cimento Portland e outros materiais cimentícios.

3.25. Resistência característica à compressão do concreto (F_{ck}): valor estabelecido no projeto estrutural, conforme ABNT NBR 6118.

3.26. Resistência característica à compressão estimada do concreto ($F_{ck, est}$): valor obtido estatisticamente a partir de ensaios para estimar a resistência característica do concreto estabelecida no projeto estrutural.

3.27. Resistência média à compressão do concreto (F_{cmj}): corresponde ao valor da resistência média à compressão do concreto, a j dias. Quando não for indicada a idade, refere-se a $j = 28$ (vinte e oito) dias.

3.28. Retração inicial do concreto: considerado o tempo decorrido entre a concretagem do elemento estrutural e a liberação do dispositivo de tração.

3.29. Trabalhabilidade: propriedade do concreto fresco, sendo a quantidade de trabalho interno útil necessário para obtenção do adensamento total do concreto e depende de vários fatores tais como: consistência, característica da obra, tipos de transporte, lançamento e adensamento.

3.30. Traço: quantidades expressas, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto. O traço pode ser impresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto.

4. CARACTERÍSTICAS

4.1. A contratada deverá realizar os ensaios por meio de empresa com experiência comprovada em tecnologia de materiais (ensaios de concreto), aprovada pela gerência de obras responsável. Ensaios de contraprova serão realizados por empresa supervisora, quando existir, a critério do gestor do contrato.

Nota 1: os ensaios devem ser rigorosamente apresentados dentro das normas internas técnicas da Cagece e normas técnicas da ABNT/NBR.

4.2. É obrigatório realizar o controle tecnológico na execução dos concretos que sejam suporte de fundações, pavimentos ou estruturas da contenção, dentre outras.

4.3. Os procedimentos de preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto de cimento Portland para estruturas moldadas na obra, estruturas pré-moldadas e componentes estruturais pré-fabricados para edificações e estruturas de engenharia, incluindo os estudos da dosagem e da resistência do concreto devem obedecer às disposições da ABNT NBR 12655.

Nota 2: as metodologias aqui apresentadas seguem as normas técnicas brasileiras sobre controle tecnológico do concreto, que deverão ser especificadas em projeto técnico para execução dos serviços.

4.4. A contratada deve garantir a resistência do concreto e dos materiais que o compõe, em toda a obra, apresentando relatório comprobatório dos ensaios realizados, independentemente da quantidade de ensaios definidos.

Nota 3: o número de ensaios poderá ser modificado pela fiscalização, em função das características peculiares de cada obra.

4.5 Princípios gerais da tecnologia do concreto

4.5.1. Os requisitos para propriedades do concreto fresco e endurecido são utilizados em todos os concretos normais, pesados e leves (convencional, bombeável, pesado, projetado, autoadensável (CAA), submerso, pré-moldado e pré-fabricado), excetuando-se os concretos: massa, aerados, espumosos e com estrutura aberta (sem finos).

Nota 4: a tecnologia do concreto basicamente determina as propriedades necessárias para o concreto endurecido e como obtê-las a partir dos materiais constituintes (cimento, agregados, água, adições e aditivos), da produção, da dosagem e da qualidade do concreto.

4.5.2. Materiais constituintes do concreto: manuseio e armazenamento

4.5.2.1. Os materiais componentes do concreto não podem conter substâncias prejudiciais em quantidades que possam comprometer a durabilidade do concreto ou causar corrosão da armadura e devem ser adequados para o uso pretendido do concreto.

4.5.2.2. Os agregados usados em concreto de cimento Portland devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 7211, serem armazenados separadamente em função da sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações indicadas na norma.

4.5.2.3. O cimento Portland deve cumprir, o tipo, a classe, o manuseio e o armazenamento, com os requisitos da ABNT NBR 16697. Ver tabela 1 a seguir:

Nota 5: os sacos devem estar íntegros na ocasião de sua inspeção e recebimento e devem ser armazenados em locais secos e protegidos de intempéries, para a preservação da qualidade do produto. As pilhas de sacos ou paletes devem ficar afastadas de paredes e dispostos de forma a permitir fácil acesso à inspeção e à identificação de cada lote.

Tabela 1 – Sigla e classe do cimento Portland

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de resistência	Sufixo
Cimento Portland comum	Sem adição	CP I	25, 32 ou 40 ^c	RS ^a ou BC ^b —
	Com adição	CP I-S		
Cimento Portland composto	Com escória granulada de alto forno	CP II-E		
	Com material carbonático	CP II-F		
	Com material pozoalânico	CP II-Z		
Cimento Portland de alto-forno		CP III		
Cimento Portland pozoalânico		CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	ARI ^d	
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40 ^c	
	Não estrutural	CPB	—	—

^a O sufixo RS significa resistente a sulfatos e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.3, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

^b O sufixo BC significa baixo calor de hidratação e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.4, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

^c As classes 25, 32 e 40 representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em megapascals (MPa), conforme método de ensaio estabelecido pela ABNT NBR 7215.

^d Cimento Portland de alta resistência inicial, CP V, que apresenta a 1 dia de idade resistência igual ou maior que 14 MPa, quando ensaiado de acordo com a ABNT NBR 7215 e atende aos demais requisitos estabelecidos nesta Norma para esse tipo de cimento.

Fonte: ABNT NBR 16697

4.5.2.4. Deve atender os requisitos da ABNT NBR 159000-1 e NBR 16937 a água utilizada na preparação do concreto proveniente de diferentes origens, inclusive está nesta exigência a água sob a forma de gelo. Deve ser armazenada separadamente por origem, em caixas estanques e tampadas, de modo a evitar a contaminação por substâncias estranhas. Ver tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Requisitos do concreto para garantia da durabilidade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.
 CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 12655

4.5.2.5. Devem cumprir os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768-1, NBR 12653 e NBR 13956-1 os aditivos utilizados em concreto de cimento Portland, e ser identificados e armazenados até o instante de seu uso, conforme as recomendações do fabricante.

Nota 6: os aditivos modificam as propriedades de argamassas e concretos nos estados frescos e endurecidos.

4.5.2.6. As adições minerais devem atender aos requisitos da ABNT NBR 13956-1, NBR 15894-1 e NBR 12653 e serem identificadas e armazenadas separadamente.

Nota 7: são produtos adicionados ao concreto em quantidades significativas (teor >5%). Podem ser: cimentantes (escória granulada de alto-forno); cimentantes e pozoalânicas (cinzas volantes com alto teor de cálcio); superpozoalanas (sílica ativa, metacaulim, cinza de casca de arroz); pozoalanas comuns (cinzas volantes com baixo teor de cálcio, argilas calcinadas, etc.); pozoalanas pouco reativas e inertes (filler).

4.5.3. Concreto fresco - aceitação

4.5.3.1. Deve ser efetuada em obra, a aceitação provisória do concreto, antes do início da descarga da betoneira, por meio da: verificação de conformidade das características específicas no documento de entrega e, da execução do ensaio de abatimento *slump test* ou de espalhamento.

4.5.3.2. Deve ser realizada, em laboratório, a aceitação definitiva do concreto, por meio da verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o controle tecnológico por meio de ensaios no concreto endurecido.

4.5.3.3. A Trabalhabilidade: é a característica fundamental para que um concreto seja bem adensado, tendo como principais à consistência e coesão.

I. O concreto se apresenta no estado fresco, logo após a mistura dos materiais constituintes, condição que permite que seja lançado nas fôrmas, preenchendo-as completamente e possibilitando seu adensamento, eliminando-se os vazios e obtendo-se uma massa compacta.

Nota 8: a presença de vazios no concreto pode prejudicar não só o aspecto e a proteção da estrutura, como pode afetar seriamente a resistência. Os vazios devido ao ar não eliminado têm o mesmo efeito que os vazios devido ao excesso de água no concreto.

II. Exsudação e retração plástica: a exsudação é evitada aumentando o teor de finos ou incorporando ar. Para evitar a retração plástica deve-se proteger o concreto recém-lançado contra a ação do sol e vento, principalmente em dias quentes e com baixa umidade relativa do ar.

III. A temperatura do concreto, deve estar de acordo com a norma ABNT NBR 7212. Por ocasião do seu lançamento, deve ser de no mínimo 5° C (cinco graus Celsius) e de no máximo 32° C (trinta e dois graus Celsius), de modo a minimizar possível fissuração de origem térmica, variação da resistência mecânica, alterações de tempo de pega, etc.

Nota 9: no caso de temperatura ambiente superior a 32° C, devem ser tomados cuidados especiais para se evitar a formação de "juntas-frias" devido a aceleração do início de pega do concreto.

4.5.4. Concreto endurecido

4.5.4.1. Propriedades: deve apresentar resistência mecânica e durabilidade compatíveis com as condições do projeto e do ambiente ao qual a estrutura fica exposta. Para alcançar a resistência especificada no projeto estrutural, diversos fatores devem ser considerados. Ver tabela 2 e a tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Requisitos mínimos de durabilidade para a máxima relação água/cimento e a mínima resistência característica

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água, por exemplo, em caixas d'água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,45	40

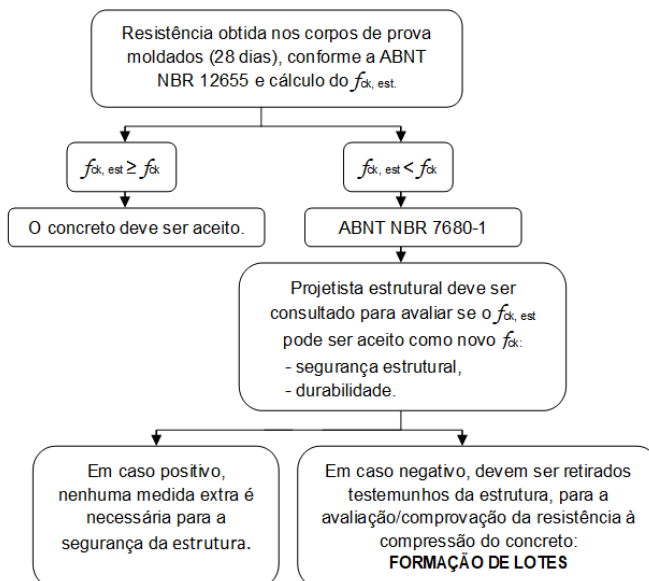
Fonte: ABNT NBR 12655

I. Resistência e estabilidade estruturais: devem ser aplicados materiais de qualidade e resistência comprovadas, assim como a fiel obediência ao projeto e às especificações, como condição para criteriosa execução das fundações e da estrutura.

II. Para o concreto, admite-se a distribuição normal de Gauss para as resistências mecânicas. Sendo nesse caso, a resistência característica à compressão (f_{ck}), o valor da resistência abaixo do qual é esperada a probabilidade de 5% de todas as medições possíveis da resistência especificada.

Nota 10: especificar o concreto de uma estrutura segundo a resistência característica à compressão (f_{ck}), estimada pela moldagem e ensaios de corpos de prova cilíndricos aos 28 dias. Ver figura 1, quanto a análise dos resultados pelo projetista estrutural, se o concreto da moldagem de corpos de prova não atender aos critérios de resistência à compressão.

Figura 1- Análise dos resultados pelo projetista estrutural



Fonte: ABNT NBR 12655 / ABCP Engº Rubens Curti; 2016

III. Obedecer às prescrições da ABNT NBR 7222 a resistência à tração simples, podendo ainda ser determinada pelo ensaio de flexão simples, empregado para o controle de qualidade de pavimentos de concreto.

IV. Avaliar a resistência do concreto quando submetido a ação de cargas repetidas, por meio do ensaio de Flexão à fadiga.

Nota 11: a capacidade do concreto em resistir aos esforços de tração por flexão se reduz à medida que aumenta o número de vezes que a carga atua.

4.5.5. Estudo de dosagem do concreto

4.5.5.1. Existe o concreto preparado pelo executante na obra, que é produzido no canteiro de obras, geralmente usando uma betoneira estacionária, e o concreto dosado em central, aquele produzido por uma usina (usualmente mais utilizado).

4.5.5.2. Deve ser experimental a dosagem do concreto, de acordo com a ABNT NBR 12655 e, ser realizado com os mesmos materiais e condições semelhantes àquelas da obra, tendo em vista as prescrições do projeto e as condições de execução. Ver tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Condições de preparo do concreto

Desvio Padrão (S_d) a ser adotado em função das condições de preparo do concreto						
Condição de Preparo	Desvio Padrão	Classe do concreto	Como medir as matérias primas			Correção da umidade
			Cimento	Agregados	Água	
A	$S_d = 4,0$ Mpa	Todas	Massa	Massa	Massa ou volume	Sim
B	$S_d = 5,5$ Mpa	C10 a C20	Massa	Volume	Volume	Sim
C	$S_d = 7,0$ Mpa	C10 e C15	Massa	Volume	Volume	Estimada

Fonte: ABNT NBR 12655/ABCP Engº Rubens Curtis, 2016

Nota 12: Não se admite, no entanto, desvio padrão $S_d < 2,0$ MPa.

Nota 13: sempre que houver modificação nas características dos materiais componentes do concreto (mudança de marca, tipo ou classe do cimento, procedência e qualidade dos agregados e demais materiais), devem ser feitos os ajustes necessários no cálculo da dosagem.

Nota 14: o concreto deve ser dosado a fim de minimizar sua segregação no estado fresco, levando-se em consideração as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

4.5.5.3. Para concreto autoadensável (CAA), a frequência de realização dos ensaios deve obedecer aos requisitos da ABNT NBR 15823-1.

4.5.5.4. O traço de concreto pode ser estabelecido empiricamente para o concreto das classes C 10 e C 15, com consumo mínimo de 300 kg (trezentos quilos) de cimento por metro cúbico.

4.5.5.5. A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevaletentes durante o preparo durante a construção, que é medida pelo desvio padrão (S_d) e levada em conta no cálculo da resistência da dosagem, segundo a equação:

$$F_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times S_d, \quad (1), \text{ onde:}$$

$F_{cm,j}$: resistência média do concreto à compressão prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

$f_{ck,j}$: resistência característica do concreto à compressão prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

S_d : desvio padrão da dosagem, prevista para a idade de J j dias, expressa em Mpa.

Nota 15: o cálculo da resistência da dosagem depende da condição de preparo do concreto, de acordo com a ABNT NBR 12655: para concreto com desvio padrão desconhecido e para concreto com desvio padrão conhecido. Ver tabela 4.

Nota 16: no início da obra, ou em qualquer outra circunstância em que não se conhece o desvio padrão, deve-se adotar, para cálculo da resistência de dosagem, os valores constantes na ABNT NBR 12655, apresentados na tabela 4.

4.5.5.6. Controle da resistência do concreto: são do tipo estatístico por amostragem parcial ou total, compreendendo as seguintes previsões:

I. Amostragem parcial: forma de cálculo do valor estimado da resistência característica à compressão do lote de concreto em estudo ($f_{ck,est}$):

Para lotes com número de exemplares (n) maior ou igual a seis e menor que vinte ($6 = n < 20$), o $f_{ck,est}$ na idade específica, é dado por:

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1} - f_m}{m-1} \quad (2), \text{ onde:}$$

f_1, f_2, \dots, f_m : são valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente;

$m = n/2$ (despreza-se o valor mais alto de n, se for ímpar).

Para lotes representados por amostra com n maior ou igual a vinte ($n \geq 20$):

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times s_d \quad (3), \text{ onde:}$$

f_{cm} : é a resistência média dos exemplares do lote, expressa em megapascals (MPa);

s_d : é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, expresso em megapascals (MPa).

II. Amostragem total: a análise da conformidade deve ser realizada em cada betonada, isto é:

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada} \quad (4), \text{ onde:}$$

$f_{c,betonada}$: valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada.

III. Casos excepcionais: o valor estimado da resistência característica é dado por:

$$f_{ck,est} = \Psi_6 \times f_1 \quad (5), \text{ onde:}$$

Ψ_6 : é dado pela tabela 5 a seguir, para n de 2 a 5.

Tabela 5 – Valores de Ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02
NOTA Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).											

Fonte: ABNT NBR 12655

IV. Conformidade dos lotes de concreto: os lotes de concreto, no caso de amostragem parcial, e os exemplares, no caso de amostragem total, devem ser aceitos, quando o valor estimado da resistência característica, ou o valor de cada exemplar de uma amostragem a 100%, (calculada conforme os tipos de controle da resistência do concreto), atender à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Nota 17: aceitação do concreto: deve ser aceito, desde que, atendidas todas as condições estabelecidas na ABNT NBR 12655. Em caso de existência de não conformidade, ver ABNT NBR 7680-1.

4.5.6. Qualidade do concreto

4.5.6.1. O concreto deve ser preparado de modo a atender aos critérios de controle da qualidade previstos na ABNT NBR 12655. Concreto dosado em central deve ainda estar de acordo com a ABNT NBR 7212.

4.5.6.2. Vários fatores devem ser considerados:

I. Para a dosagem, é importante ter a especificação da relação a/c (água/cimento), as características dos agregados e a especificação do cimento e,

II. Durante a execução, devem ser tomados cuidados no recebimento, transporte, lançamento, adensamento e cura.

Nota 18: a especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, em especial quanto à resistência característica, ao módulo de elasticidade do concreto e à durabilidade da estrutura, bem como às condições eventualmente necessárias em função do método de preparo escolhido e das condições de lançamento, adensamento e cura.

4.5.7. O acondicionamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos da construção civil devem respeitar as determinações do PGRSCC apresentado pela contratada.

4.5.8. O critério de medição respeitará a planilha orçamentária contratual, quando o regime de contratação adotado for preço unitário, ou a forma pactuada entre a Cagece e a contratada, quando o regime adotado for o integrada ou o semi-integrada.

5. PROCEDIMENTO

5.1. Orientações gerais: estruturas de concreto:

5.1.1. Atender aos requisitos mínimos de qualidade estabelecidos na ABNT NBR 6118 durante sua construção e serviço, dentre eles:

5.1.1.1. Devem ser tomadas desde o início dos trabalhos, medidas preventivas, com o objetivo de garantir a qualidade da execução da estrutura de uma obra, com base em um determinado projeto. Essas medidas devem englobar a discussão e a aprovação das decisões tomadas, a distribuição destas e outras informações aos elementos pertinentes da equipe multidisciplinar e a programação coerente das atividades, respeitando as regras lógicas de precedência.

5.1.1.2. Evitar a presença ou permanência de água, sobre as superfícies das estruturas de concreto, bem como, deve ser recomendado pelo projetista, as medidas preventivas, quando necessárias, de acordo com a ABNT NBR 15577-1.

5.1.1.3. Devem ser convenientemente seladas todas as juntas de movimento e/ou dilatação, em superfícies sujeitas à ação da água, de forma a impedir a percolação de água.

5.2. Ensaio especiais e de durabilidade do concreto:

5.2.1. Devem ser estabelecidos durante os estudos de dosagem, os parâmetros de durabilidade do concreto, tendo em conta as condições de execução, tipo de estrutura, tipo de cimento e consumo mínimo por m³, qualidade dos agregados, agressividade do ambiente, resistência do concreto, relação água/cimento e cura. Ver tabelas 2, 3 e 4 desta NIT.

5.2.2. Seguir a recomendação da ABNT NBR 6118, onde determina que o ensaio do módulo de elasticidade (E_{ci}) seja obtido segundo o método de ensaio estabelecido na ABNT NBR 8522, para o módulo de deformação tangencial inicial obtido aos 28 dias de idade.

Nota 19: deve ser executado o ensaio do módulo de elasticidade durante a obra, após definida a empresa de concretagem, e comparar os valores obtidos com o previsto em projeto. O ensaio para determinação do módulo de elasticidade, tangentes e secantes possibilita o cálculo e avaliação das deformações à compressão do concreto endurecido, em corpos de prova cilíndricos.

5.2.3. Determinar a resistência à compressão do concreto (f_c), pela média dos resultados de no mínimo dois corpos de prova similares, preferencialmente do mesmo tamanho e forma dos corpos de prova destinados à determinação do módulo de elasticidade ou deformação, provenientes da mesma betonada, moldados e curados de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 5738, devendo ser ensaiados à compressão, de acordo com a ABNT NBR 5739.

Nota 20: a resistência do concreto armado ou protendido a ambientes agressivos está intimamente ligada aos seguintes fatores: cobrimento das armaduras, relação água/cimento (quanto maior a quantidade de água, maior a porosidade do concreto e menor a sua durabilidade), tipo do cimento e consumo mínimo por m³, qualidade dos agregados, cura, qualidade da superfície e estanqueidade das formas (formas bem lisas e estanques resultam numa superfície menos porosa do concreto).

5.2.4. Obedecer aos requisitos da ABNT NBR 10786 o procedimento do ensaio de Permeabilidade. Entender que a permeabilidade está relacionada com:

5.2.4.1. A durabilidade, na medida que, impede o acesso de agentes agressivos ao seu interior e a armadura.

5.2.4.2. A porosidade da pasta, ou seja, quanto menos porosa, menos permeável será a pasta e, portanto, o concreto. A porosidade da pasta necessita de 2(dois) fatores: relação água/cimento e o grau de hidratação da pasta. A baixa permeabilidade favorece a carbonatação.

5.2.4.3. A carbonatação, uma vez que, consiste em uma das principais formas de deteriorar o concreto armado. Este agente agressivo faz com que o concreto tenha o seu pH reduzido, fazendo as armaduras ficarem mais suscetíveis à corrosão.

5.3. Controle tecnológico dos materiais

5.3.1. Cimento: deve atender aos requisitos da ABNT NBR 16697, tais como:

5.3.1.1. Cimento Portland é designado por tipo que correspondem as adições e propriedades especiais e identificados por siglas, seguidas da classe de resistência (25, 32,3, 40 ou ARI), acrescidas dos sufixos RS (resistente a sulfatos) e BC (baixo calor de hidratação). Ver tabela 1 desta NIT.

5.3.1.2. Para o recebimento: deve ser executado por meio de ensaios físicos e químicos, exigidos para cada tipo, e atender aos requisitos das normas técnicas da ABNT, dentre elas: NBR 7215; NBR 5736; NBR 11578; NBR 11579; NBR 16607.

5.3.2. Agregados: A ABNT NBR 12655 define o controle tecnológico dos agregados por meio de procedimentos recomendados, cujos parâmetros e requisitos são definidos pela ABNT NBR 7211. Para ensaios de recebimento, seguir principalmente os seguintes critérios:

5.3.2.1. Deve ser aceito um lote de agregados somente quando cumprir todas as prescrições da ABNT NBR 7211 e as eventuais prescrições especiais contratadas, inclusive aquelas referentes ao conceito de agregado total;

5.3.2.2. Reatividade em álcalis: devem ser obedecidos os requisitos da ABNT NBR 15577-1;

Nota 21: recomenda-se que os produtores de agregados realizem periodicamente os ensaios para verificação da reatividade potencial dos agregados, de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 16697 e com amostras coletadas da ABNT NBR NM 26.

5.3.3. Água de amassamento do concreto, deve ser de acordo com os requisitos mínimos especificados na ABNT NBR 15900, para a água ser considerada adequada ao preparo do concreto (está incluída nesta exigência a água utilizada sob a forma de gelo (deve ser analisado em função de sua origem), e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação, a partir da comprovação de ensaios, dentre eles:

- 5.3.3.1. A água utilizada nos traços de concreto e argamassa não pode conter substâncias que alterem as propriedades físicas e químicas do concreto;
- 5.3.3.2. A água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado não é adequada para uso em concreto;
- 5.3.3.3. A água potável, que atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, pode ser utilizada sem restrição para a preparação de concreto;
- 5.3.3.4. A água de abastecimento público é considerada adequada para uso em concreto e não necessita ser ensaiada;
- 5.3.3.5. A água de fontes subterrâneas pode ser adequada para uso em concreto, mas deve ser ensaiada;
- 5.3.3.6. Água natural de superfície, água de captação pluvial e água residual industrial podem ser adequadas para uso em concreto, mas devem ser ensaiadas;
- 5.3.3.7. Água salobra somente pode ser usada para concreto simples (não armado e não protendido), mas deve ser ensaiada.
- 5.3.4. Aditivos: seguir as determinações da ABNT NBR 11768, cujo objetivo é especificar os métodos de ensaios de referência para determinação de pH, teor de sólidos, massa específica, teor de cloretos e análise por infravermelho, observando que:
- 5.3.4.1. Definir os tipos e quantidades de aditivos quando do estudo de dosagem, para obter um bom desempenho do concreto fresco e endurecido;
- 5.3.4.2. Devem ser controlados por meio de ensaios de controle de qualidade, os requisitos específicos para cada tipo de aditivo, tais como, mas não se limitando à: abatimento do tronco de cone, tempos de pega, resistência à compressão e teor de ar incorporado no concreto fresco;
- Nota 22: o uso de aditivos em estruturas de concreto respeitará os limites estabelecidos na ABNT NBR 12655, não sendo permitido o uso de aditivos à base de cloreto, como prever a norma.
- 5.3.4.3. Verificar em ensaios prévios em laboratório, quando se usarem simultaneamente dois ou mais aditivos, a compatibilidade entre eles.
- 5.3.5. Adições devem seguir as prescrições da ABNT NBR 12653, que trata sobre os requisitos para materiais Pozolânicos. Exemplos: sílica ativa, metacaulim, escória de alto-forno, cinza volante, cinza de casca de arroz, cinzas da queima de bagaço de cana-de-açúcar, etc. Notando que:
- 5.3.5.1. O metacaulim deve atender aos requisitos da ABNT NBR 15894-1 quando utilizados no preparo do concreto e, a sílica ativa deve atender aos requisitos da ABNT NBR 13956-1; os efeitos do Metacaulim são idênticos da sílica ativa: aumento a resistência mecânica entre 10 a 40%, aumentar a coesão da pasta e refinamento dos poros;
- Nota 23: podem ser utilizados outros materiais pozolânicos, desde que atendam aos requisitos da ABNT NBR 12653;
- Nota 24: recomenda-se a execução de ensaios comparativos entre traços de referência sem adição e outros com adições, para verificação das propriedades do concreto fresco e endurecido.
- 5.3.6. Deve ser feita a verificação da conformidade da entrega com a encomenda, a cada recebimento de material constituinte do concreto. Materiais diferentes daqueles solicitados não poderão ser recebidos.
- 5.3.7. Deve possuir e apresentar relatórios atualizados de ensaios a empresa responsável pela central, referentes ao controle da qualidade dos lotes de materiais constituintes do concreto produzido, conforme a ABNT NBR 12655, sempre que for solicitada.
- 5.4. Controle tecnológico do concreto fresco
- 5.4.1. Realizar o controle do concreto fresco para proceder à aceitação na obra, independente da modalidade de preparo;
- 5.4.2. Devem ser realizados ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone, segundo ABNT NBR 16889, ou de espalhamento, viscosidade plástica aparente, estabilidade visual e habilidade passante em fluxo livre, no caso de concreto autoadensável (CAA), de acordo com a ABNT NBR 15823-1;
- 5.4.3. Devem ser efetuados ensaios de consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados, para o concreto preparado pelo construtor da obra e, nas seguintes situações:
- 5.4.3.1. Na primeira amassada do dia;
- 5.4.3.2. Ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
- 5.4.3.3. Na troca dos operadores;
- 5.4.3.4. Cada vez que forem moldados corpos de prova.
- 5.4.4. Devem ser feitos ensaios de consistência a cada betonada, para o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem;
- 5.4.5. Deve ser retirado da obra sem ser aplicado o concreto em início de pega, não cabendo à contratada nenhuma indenização por essa perda;
- Nota 25: caso o concreto esteja em não conformidade, devido à demora na aplicação, não pode ser misturado para novo reaproveitamento.
- 5.4.6. Caberá a contratada realizar o controle tecnológico do concreto em casos de concretagens de maiores volumes (concreto massa), independentemente do controle da empresa de serviços de concretagem, seguindo um programa de controle em concordância com as diretrizes da ABNT NBR 12655.
- 5.5. Controle tecnológico do concreto endurecido
- 5.5.1. Realizar ensaios em corpos de prova moldados durante a concretagem, e os resultados obtidos servem para definir a aceitação ou rejeição do lote de concreto controlado (verificação de conformidade).
- 5.5.2. Conformidade dos lotes de concreto: deve-se determinar a resistência à compressão do concreto conforme a ABNT NBR 5739, analisar e comparar com a resistência especificada no projeto.

Nota 26: adotar o controle de acordo com a ABNT NBR 12655 e NBR 14931 para efeito de aceitação da estrutura, em relação à resistência à compressão do concreto.

5.5.3. Devem atender ao estabelecido na ABNT NBR 5738 os corpos de prova moldados e, os testemunhos de estrutura de concreto endurecido atender ao estabelecido na ABNT NBR 7680-1.

5.5.4. Manter em processo de cura úmida ou saturada até a idade de ensaio, os corpos de prova e testemunhos, nas condições preconizadas, pelas ABNT NBR 5738, ABNT NBR 7680-1 e ABNT NBR 9479.

5.6. Outras atividades de controle

5.6.1. Fôrmas e escoramento: devem ser obedecidos os procedimentos e condições da ABNT NBR 15696 na execução das estruturas provisórias que servem de fôrmas e escoramentos, para a execução de estruturas de concreto moldadas in loco, dentre eles:

5.6.1.1. As fôrmas devem ter rigidez para assegurar o formato e as dimensões das peças da estrutura projetada e ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda da pasta de cimento;

5.6.1.2. Realizar as principais verificações no sistema de fôrmas pelo responsável da obra, e que podem fazer parte de um *checklist*:

I - Antes da concretagem: dimensões; posição (nivelamento, prumo e alinhamento); contra flecha intencional (definida no projeto); aperto de braçadeiras e tirantes; estanqueidade das formas – vedações; juntas de dilatação estrutural; limpeza – janelas, uso de fôrma para retirada de restos de arame, aspiração, lavagem; fôrmas molhadas ou uso de desmoldante; componentes embutidos: posicionamento e definições de projeto (conduítes, tubulações, caixas de distribuição, chumbadores, outros); fôrmas perdidas; travamento das fôrmas; posições e definições do projeto de escoramento; cunhas e calços; emendas em escoras; procedimentos para evitar a ocorrência de recalque nos apoios do escoramento e contraventamento (quando necessário).

II - Durante a concretagem: estanqueidade das fôrmas; evolução das deformações; monitoramento do travamento do escoramento; monitoramento especial em balanços quanto às deformações e; previsão de carpinteiros durante a concretagem.

5.6.1.3. Devem ser tomadas as devidas precauções para proteger o sistema de fôrmas e escoramentos de riscos de incêndio, observando-se a NR 18.

5.6.2. Armadura: o cobrimento das barras e a distância entre elas não podem ser inferiores aos estabelecidos na ABNT NBR 6118. O cobrimento deve atender a dois critérios: classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal. Ver tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 12655

5.6.2.1. Devem estar previamente limpas as barras da armadura e serem dispostas dentro do componente ou elemento estrutural, de modo a permitir e facilitar a qualidade das operações de lançamento e adensamento do concreto;

5.6.2.2. Deve-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência;

5.6.2.3. Os diâmetros e seções transversais nominais devem ser os estabelecidos na ABNT NBR 7480.

Nota 27: de acordo com o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25 e CA-50, e os fios de aço na categoria CA-60;

5.6.3. Cura do concreto

5.6.3.1. Curar o concreto, enquanto não endurecer satisfatoriamente, e proteger contra agentes prejudiciais, de modo a assegurar uma superfície com resistência adequada e evitar a perda de água pela superfície exposta;

5.6.3.2. Considerar uma cura adicional caso seja necessário, para desformas antes de 7 (sete) dias;

Nota 28: os agentes deletérios mais comuns ao concreto no seu início de vida (primeiras horas) são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, choques e vibrações intensas que possam produzir fissuras na massa do concreto, nas reações de hidratação ou prejudicar a aderência à armadura.

Nota 29: quanto mais perfeita for a cura do concreto, melhores serão as suas características finais.

5.6.4. Transporte e lançamento do concreto na obra deve obedecer a ABNT NBR 14931 que estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto, dentre eles:

5.6.4.1. Transportar o concreto do local do amassamento ou da boca do caminhão-betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento;

Nota 30: O meio utilizado para o transporte não deve acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação.

5.6.4.2. Realizar a remoção cuidadosa de detritos antes da aplicação do concreto. O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza a segregação entre seus componentes;

Nota 31: Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega;

5.6.4.3. Quando o lançamento for submerso, o estudo de dosagem deve prever um concreto autoadensável (CAA), coeso e plástico e, não deve ser realizado quando a temperatura da água for menor que 5°C (cinco graus Celsius), mesmo estando o concreto fresco com temperatura normal, nem quando a velocidade da água for maior que 2 m/s (dois metros por segundo).

Nota 32: deve ser contínua a operação de lançamento, de maneira que, uma vez iniciada, não sofra nenhuma interrupção até que todo o volume previsto no plano de concretagem tenha sido completado.

6. RESPONSABILIDADE

6.1. O cumprimento da presente norma é de responsabilidade de todas as áreas que atuam na gestão de obras e serviços de engenharia da DEN.

7. VIGÊNCIA

7.1. Esta Norma Interna entra em vigor na data de sua publicação.

8. OBSERVAÇÃO

8.1. Referências Legais e Normativas

8.1.1. ABNT NBR 5736 – Cimento Portland pozolânico.

8.1.2. ABNT NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

8.1.3. ABNT NBR 5739 – Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.

8.1.4. ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

8.1.5. ABNT NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.

8.1.6. ABNT NBR 7212 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle.

8.1.7. ABNT NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.

8.1.8. ABNT NBR 7222 – Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

8.1.9. ABNT NBR 7480 – Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado – Requisitos.

8.1.10. ABNT NBR 7680/1 - Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial.

8.1.11. ABNT NBR 8522 – Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama Tensão-deformação - Método de ensaio.

8.1.12. ABNT NBR 10786 – Concreto endurecido – Determinação do coeficiente de permeabilidade à água.

8.1.13. ABNT NBR 11578 – Cimento Portland composto.

8.1.14. ABNT NBR 11579 – Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).

8.1.15. ABNT NBR 11768 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland.

8.1.16. ABNT NBR 12653 – Materiais pozolânicos – Requisitos.

8.1.17. ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.

8.1.18. ABNT NBR 13956-1 – Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta – Parte 1: Requisitos.

8.1.19. ABNT NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

- 8.1.20. ABNT NBR 15577-1 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto.
- 8.1.21. ABNT NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.
- 8.1.22. ABNT NBR 15823-1;2;3 – Concreto autoadensável (CAA) – Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco; Parte 2: Método do cone de Abrams e Parte 3: Método do anel J.
- 8.1.23. ABNT NBR 15894-1 – Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto – Parte 1: Requisitos.
- 8.1.24. ABNT NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.
- 8.1.25. ABNT NBR 16607 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega.
- 8.1.26. ABNT NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos.
- 8.1.27. ABNT NBR 16889 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone *slump test*.
- 8.1.28. ABNT NBR 16937-1;2;3;4;5;6;7 – Águas agressivas – Durabilidade do concreto.
- 8.1.29. M. Neville / J. J. Brooks – Tecnologia do concreto, 2ª ed., 2013.
- 8.1.30. Guia Prático do Controle Tecnológico do Concreto – ABRATEC_4ª EDIÇÃO, 03/2018.
- 8.1.31. Norma Regulamentadora- NR 18 do Governo Federal - Segurança e Saúde no Trabalho: www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br.
- 8.1.32. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 Ministério da Saúde: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf
- 8.1.33. Procedimento Operacional para Padronização da produção de proposta de normas internas de obras e serviços de engenharia em atendimento à NISPL 001 (POPPRO 012).
- 8.1.34. SABESP: Especificações técnicas, regulamentação de preços e critérios de medição, 3ª ed. rev. 6/22.
- 8.1.35. SANEPAR_ MOS: Manual de Obras de Saneamento, 4ª ed. V0 -6/22.
- 8.1.36. SPL 001 – Norma de Elaboração Normativo da Cagece.

9. ANEXOS (opcional)

10. HISTÓRICO DE REVISÕES

Documento	Revisão	Revisado por	Alteração	Data de homologação
NIT 0088	01	Joselidia Maria Gois de Sousa / Welton Chales Costa Barbosa		02/05/2024

Gerardo Frota Neto

Gerente – Gecob

Richard Francis Brow

Superintendente – SOB