

RELATO SOBRE O TEMA 112

PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues

Diretor- Andriolo Engenharia Ltda.

www.andriolo-eng.com

e-mail: fandrio@andriolo-eng.com

RESUMO

O emprego de Concreto Compactado com Rolo, Rollcrete, Concreto Rolado, em obras de barragens no Brasil, já não é mais novidade, pois começou a se viabilizar em 1976.

Na atualidade a atuação crescente dos Projetistas-Consultores, Construtores, Laboratórios, e Profissionais Consultores Brasileiros, no Exterior evidenciam o domínio e a expansão do uso da Técnica do CCR.

O intercambio de informações com entidades e empresas de outros Países permitem que o Relator afirme que o Brasil foi um dos Países que mais Estudou as características do CCR. De outro modo, ainda, a dimensão territorial Brasileira, induziu à busca de soluções não convencionais, à criação de alternativas, o que estabeleceu um procedimento de buscar adaptar-se aos problemas e idiosincrasias regionais, sem a necessidade de impor soluções tipicamente importadas ou inadequadas às condições da região.

Esse procedimento facilita, disponibiliza, soluções, estabelece conquistas e, muito mais, abre os olhos dos profissionais e dirigentes na busca de, outras novas soluções, possibilitando reduzir custos e potencializando a realização de novas obras.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

No transcorrer desse desenvolvimento do CCR no Brasil, no Mundo, entretanto, alguns fatos levam a necessidade de chamar a atenção dos Profissionais e Empresas envolvidas, no que diz respeito à Qualidade e à minimização de falhas e erros, como se pretende contribuir com este Relato.

RESUMEN

El uso del Hormigón –Concreto Compactado con Rodillo, Rollcrete u Rodillado en las obras de las presas en Brasil, ya no es una novedad, ya comenzó a utilizarse en 1976. En la actualidad los crecientes desarrollos de -diseñadores, constructores, consultores, laboratorios y consultores brasileños, el extranjero son evidencia del dominio y la expansión del uso de la técnica del HCR u CCR. El intercambio de información con entidades y empresas de otros países permiten el Relator afirma que Brasil fue uno de los países que más estudiaron las características del CCR. De lo contrario, sin embargo, la dimensión territorial brasileña, inducida por la búsqueda de soluciones no convencionales, a la creación de alternativas, que estableció un procedimiento para tratar de adaptarse a los problemas y las idiosincrasias regionales, sin la necesidad de imponer soluciones típicamente importadas o inadecuadas a las condiciones de la región.

Este procedimiento facilita ofertas, soluciones, establece y logros más, abre los ojos de profesionales y líderes en la búsqueda, otras nuevas soluciones, lo que permite reducir costos y mejorar el desempeño de nuevas obras.

En el curso de este desarrollo del CCR en Brasil, en el mundo, sin embargo, algunos hechos conducen la necesidad de llamar la atención de profesionales y empresas involucradas, en cuanto a calidad y minimizando fallas y errores, tales como si desea contribuir en este informe.

ABSTRACT

The use of the Roller Compacted Concrete- RCC, Rollcrete, Rolled Concrete in works of dams in Brazil, is no longer a novelty, as it began to make in 1976.

In actuality the increasing performance of –Designers Consultants, Contractors, Laboratories and Brazilian Consultants abroad are evidence of the domain and the expansion of the use of the technique of the RCC. The exchange of information with entities and companies of other countries allow the Author affirm that Brazil was one of the countries that Studied the characteristics of the CCR in detail. Otherwise, though, the Brazilian territorial dimension, induced the search for unconventional solutions, to the creation of alternatives, which established a procedure to seek to adapt to problems and regional idiosyncrasies, without the need to impose solutions typically imported or inadequate to the conditions of the region.

This procedure facilitates offers, solutions, establishes, and achievements much more, opens the eyes of professionals and leaders in the search for, other new solutions, making it possible to reduce costs and improve the performance of new works. In the course of this development of the RCC on Brazil, in the world, however, some facts lead the need to draw the attention of professionals and companies involved, as regards quality and minimizing faults and errors, such as it is being discusses in this text.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

ÍNDICE

	Item	Assunto
1		CONCEITUAÇÃO DA ABORDAGEM DO TEMA
2		INTRODUÇÃO
3		COMENTÁRIOS SOBRE OS ARTIGOS APRESENTADOS
	3.1	No Plenário
	3.1.1	<i>A Utilização de Arenito Silicificado como Agregado para concreto na UHE Colider A Utilização de Arenito Silicificado como Agregado para concreto na UHE Colider</i>
	3.1.2	<i>Patologia em Grandes Estruturas: Estudo da Percolação de Água na Barragem do Marrécas – Caxias do Sul/RS</i>
	3.1.3	<i>Discussões e Simplificações para Entendimento e Limitações dos Aspectos Térmicos para Execução de Estruturas Massivas</i>
	3.1.4	<i>Soluções de Arranjos Visando a Economia e a Redução de Prazos no Projeto e Construção de Barragens de Concreto Compactado com Rolo</i>
	3.1.5	<i>A Fast Construction Technique for High RCC Dam- Guangzhao RCC Dam of 200m as an Example</i>
	3.1.6	<i>Several Main Technical Issues in the Design of High RCC Gravity Dam of Longtan Hydropower Station</i>
	3.2	Resumido no Próprio Relato
	3.2.1	<i>Uma Alternativa Básica ao Concreto Compactado com Rolo</i>
	3.2.2	<i>Aspectos de Metodologias Construtivas Adotadas em Obras de Barragens– Sob a Ótica de Qualidade-Programática- Vantagens - Cuidados</i>
	3.3	Registrado nos Anais
	3.3.1	<i>Avaliação Térmica e Tensional do Concreto Aplicado em Estruturas de Barragens</i>
	3.3.2	<i>Modelo Estatístico para o Monitoramento de Movimentos Relativos na Barragem da UHE Itaipu</i>
	3.3.3	<i>Statistical Analysis of Field Water Pressure Test of Roller Compacted Concrete</i>
	3.3.4	<i>Progressos Recentes no Projeto e Construção de Barragens de Concreto Compactado com Rolo</i>
	3.3.5	<i>Problema de Roteirização em Arcos Capacitados Periódicos, Leitura de Instrumentação da ITAIPU</i>
	3.3.6	<i>Researches on the Key Techniques of Songyue RCC Dam Heightening</i>
	3.3.7	<i>Influência do Tamanho do Agregado e da Relação Água/Cimento na Resistência Abrasiva e Erosiva de Concretos Utilizados no Vertedouro de Itaipu</i>
	3.3.8	<i>Solução Analítica e Numérica da Equação da Condução de Calor Aplicada a Barragem de Concreto</i>
4		ESTATÍSTICAS E MATERIAIS
	4.1	Generalidades
	4.2	Número de Aplicações de CCR em Obras de Barragens
	4.3	Aspectos do Desenvolvimento
	4.4	Registros Relevantes
	4.5	Tendências Tecnológicas
	4.5.1	Agregados
	4.5.2	Aglomerantes
	4.5.3	Aditivos
5		DOSAGENS -CCR
	5.1	Generalidades
	5.2	Aspecto e Conveniência/ Interesses para o Brasil
	5.3	Disponibilidade Técnica
	5.3.1	Conceituações
	5.3.2	Cronologia de Desenvolvimento e Conhecimento
	5.3.3	Exemplos Atuais do Emprego do Conceito do Solo Cimento para Maciço de Barragens
	5.4	Potencialidade Técnica do Solo-Cimento para Uso como Barramento
	5.4.1	Características
	5.4.2	Dosagens

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

	5.4.3	Propriedades
	5.5	Aspectos para Uso em Barragens
6		SISTEMAS DE ESTANQUEIDADE
7		PROJETO
8		PLANEJAMENTO
9		GALGAMENTOS
10		PRODUÇÃO E MANUSEIO
	10.1	Produção e Transporte
	10.2	Controle de Temperatua
	10.3	Espalhamento e Altura de Camadas
	10.4	Compactação e Adensamento das Faces
	10.5	Execução da Junta de Contração
	10.6	Proteção e Cura
	10.7	Tratamento da Superfície das Juntas de Construção
	10.8	Galerias e Poços
11		DESEMPENHO DAS BARRAGENS DE CCR
	11.1	Aspectos Relevantes
	11.2	Consolidação da Metodologia
	11.3	Expansão do Uso da Metodologia
	11.4	Cuidados e a Necessidade de Manter a Qualidade
12		ASPECTOS DE BARRAGENS DE CONCRETO COM OUTRAS METODOLOGIAS
	12.1	Apresentação e Objetivo
	12.2	Formas Deslizantes- Desenvolvimento
	12.3	Comentários, Sugestões e Considerações Finais
13		REFERÊNCIAS
		ANEXO-ÚNICO

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

1. CONCEITUAÇÃO DA ABORDAGEM DO TEMA

A conceituação estabelecida pelo **CBDB**- Comitê Brasileiro de Barragens, considerou os seguintes assuntos para o Tema 112:

- A. Soluções de arranjos visando a economia e a redução de prazos de construção;
- B. Materiais, misturas, problemas térmicos, impermeabilização e soluções propostas para obras específicas;
- C. Desempenho de barragens de CCR existentes: manutenção, envelhecimento, correções de defeitos;
- D. Progressos na metodologia e equipamentos para construção de barragens CCR

No transcorrer do prazo estipulado para entrega dos Resumos, o **CBDB** recebeu 18 intenções para apresentação.

Deve ser informado que este Relator buscou analisar as proposições, dentro do **Conceito do Temário**, do que resultou o seguinte critério:

- Em primeiro lugar aceitar os Resumos que integralmente se enquadrassem no Temário;
- Em segundo lugar aqueles, que embora não ficassem circunscrito ao Tema, porem mostrassem interesse às construções de concretos e sobre materiais, e;
- Em terceiro lugar aqueles que o nível de aceitação e compatibilização com Tema, superasse a tolerância de aceitação, e os dispensasse.

Na fase de apreciação das intenções foram recebidos 18 Resumos, dos quais este Relator considerou:

- Oito (8) Resumos **se enquadraram no TEMA-112**, e poderiam ser Publicados e, a depender do Texto Integral a ser enviado, dos quais seis (6), apresentados em Plenário;
- Seis (6) Resumos **não se equadraram no TEMA-112**, mas se mostraram úteis e **poderiam ser Publicados**, porém **não seriam apresentados em plenário**;

Devido a esse cenário sugeriu-se ampliar a tolerância e dar um prazo maior aos autores potenciais, o que foi adotado, e analisado para este Relato

2. INTRODUÇÃO

O tema Concreto Rolado, Rollcrete, Concreto Compactado com Rolo (CCR), já não é mais novidade, como se mostrou nos anos 1980, a partir de sugestões de 1972^[1 a 3]. No Brasil é conhecido desde 1976^[4], e atualmente um grande número de aplicações faz parte das estatísticas.

Deve-se, entretanto focar o debate, em três aspectos relevantes:

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

- ✓ Quais as vantagens decorrentes do uso do CCR, principalmente para as obras no Brasil?
- ✓ Quais as desvantagens e erros que impõem atenções, mesmo considerando o vasto período de uso da metodologia?
- ✓ Onde ainda poder-se-á chegar?

Por outro lado, deve-se salientar que este Relator julga conveniente que um relato técnico deva ser:

- **Incentivador** para que os Jovens Profissionais busquem novas soluções e oportunidades;
- **Crítico** quanto aos erros e falhas, para que as construções de um Bem Público, sejam Econômicas com Qualidade e Duráveis;
- **Desafiador** para a busca incessante de novas soluções;
- **Orientar** as discussões no aproveitamento dos desenvolvimentos, direcionando-os às Necessidades do País, e da Comunidade Técnica.

E dessa maneira é que se estabelece este Relato, considerando que além do CCR, se abordará aspectos de construções de **concretos** (*pois CCR é um concreto!*), dos materiais usados e de procedimentos e controles.

3. COMENTÁRIOS SOBRE OS ARTIGOS APRESENTADOS

Neste item são citados os comentários sobre os artigos apresentados:

3.1- No Plenário

3.1.1 Artigo	A Utilização de Arenito Silicificado como Agregado para concreto na UHE Colíder
Autores	Eduardo de OLIVEIRA ; Fabricio Cunha de ANDRADE ; Luiz Alberto MINICUCCI ; Roberto Rafael ZORZI ; Roberto Werneck SEARA
Objetivo	O trabalho objetiva de apresentar as experiências obtidas na utilização de arenito silicificado como agregado para concreto durante a construção da Usina Hidrelétrica de Colíder, no rio Teles Pires, no Estado de Mato Grosso. O contexto geológico do sítio impossibilitou a utilização das escavações obrigatórias como material de construção e corpos rochosos ígneos estavam presentes à uma distância economicamente inviável. Pesquisas geológicas mostraram uma jazida de rocha sedimentar com qualidade e volumes suficientes para a utilização no empreendimento.
Comentários	<u>O Relator solicitou comentários sobre as características do material e sobre as vantagens nos custos para a decisão, como se cita:</u> O maciço rochoso no local de implantação da UHE Colíder é composto por rocha sedimentar pouco coerente a incoerente (C3 / C4), com pouca ou nenhuma qualidade para utilização como agregado para concreto, conforme mostraram os ensaios realizados durante a etapa de Viabilidade, Desta forma a rocha proveniente das escavações obrigatórias teriam um aproveitamento mínimo. O relatório do EVTE indicava como jazida de rocha para concreto, corpos graníticos de boa qualidade geo-mecânica porém à uma distância superior à 20km, o que tornava sua exploração economicamente não atrativa e iria elevar o custo final do empreendimento.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

		A utilização do arenito silicificado foi a junção de uma rocha de qualidades geomecânicas adequadas e uma distância de transporte economicamente atrativa. Sim, o material tem condição normal de uso. Os resultados dos ensaios realizados nos Laboratórios da obra, ABCP e da CESP mostraram que o arenito é de muito boa qualidade para ser utilizado no concreto
3.1.2	Artigo	<i>Patologia em Grandes Estruturas: Estudo da Percolação de Água na Barragem do Marrécas – Caxias do Sul/RS</i>
	Autores	Douglas Francescatto BERNARDI ; Juliana Gonçalves ONZI ; ; Germano Piroli MASCARELLO ; Paulo Fantin BUENO
	Objetivo	A publicação objetiva estudar de forma acadêmica, os possíveis facilitadores para as infiltrações de água na estrutura da barragem do Marrecas. Para isso, tomou-se conhecimento das propriedades dos materiais encontrados no solo da região, os mecanismos de construção, o concreto utilizado e as medidas tomadas para evitar ou amenizar a percolação
	Comentários	É conveniente comentar sobre o adensamento do concreto de face e o tratamento de juntas de construção
3.1.3	Artigo	<i>Discussões e Simplificações para Entendimento e Limitações dos Aspectos Térmicos para Execução de Estruturas Massivas</i>
	Autores	GAMBALE , Eduardo de Aquino ; ANDRIOLO , Francisco Rodrigues
	Objetivo	A intenção dos Autores é apresentar informações práticas, estabelecer discussões para a eventual e possível simplificação no entendimento e as limitações aplicáveis para controle do aspecto térmico na execução de estruturas massivas. Os dados a debater foram obtidos através de estudos computacionais atualizados e através de medições em protótipos e estruturas de obras, executadas.
	Comentários	O Autor dá ênfase sobre o método adotado para a seleção dos fatores relevantes e a equação simplificada obtida
3.1.4	Artigo	<i>Soluções de Arranjos Visando a Economia e a Redução de Prazos no Projeto e Construção de Barragens de Concreto Compactado com Rolo</i>
	Autores	BACALTCHUK , J; PLATCHECK , I.; CASTELO , G.
	Objetivo	São apresentadas otimizações de projeto para aproveitamentos hidrelétricos. O objetivo é reduzir os prazos e os custos de Implantação das estruturas a seguir listadas e consequentemente reduzir o custo dos MWhora gerados.
	Comentários	O autor dará ênfase sobre as vantagens consideradas
3.1.5	Artigo	<i>A Fast Construction Technique for High RCC Dam- Guangzhao RCC Dam of 200m as an Example</i>
	Autores	Wu Xiurong
	Objetivo	Apresenta uma técnica de construção rápida, usada na construção da Barragem de Guizhou Guangzhao com 200,5 m de altura. Várias técnicas foram utilizadas com vantagens, permitindo terminar a barragem com sucesso em apenas 2 anos, estabelecendo um novo recorde de construção rápida e, portanto, é valioso para projetos similares.
	Comentários	Citará sobre a metodologia que mais impactou na construção
3.1.6	Artigo	<i>Several Main Technical Issues in the Design of High RCC Gravity Dam of Longtan Hydropower Station</i>
	Autores	Shi Qingchun Xiao Feng

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

Objetivo	Apresenta uma descrição do desenvolvimento dos estudos para projeto e implantação dessa magnânima obra..
Comentários	Citará sobre as rotinas que mais impactaram no empreendimento

3.2- Resumido no Próprio Relato

3.2.1	Artigo	<i>Uma Alternativa Básica ao Concreto Compactado com Rolo</i>
	Autores	ANDRIOLO , Francisco Rodrigues; MOREIRA , José Eduardo
	Objetivo	A ideia básica de Jerome Raphael – em 1970- era a de se construir um maciço de barragem com solo-cimento. Decorrente dessa ideia se desenvolveu a Metodologia do CCR- Concreto Compactado com Rolo, que hoje se mostra aceita e consistente em todo o Mundo. A ideia básica de uso de solo-arenoso-aglomerante se mostra uma alternativa, que pode ser útil ao Projeto e Construção de Barragens no Brasil, e que pode ser uma opção para locais com pouca disponibilidade de materiais terrosos de baixa permeabilidade, locais com fundações não competentes para um corpo rígido de concreto, e, também, como parte do corpo de vertedouros não controlados.
	Comentários	Ênfase a possibilidade de aplicação no País
3.2.2	Artigo	<i>Aspectos de Metodologias Construtivas Adotadas em Obras de Barragens– Sob a Ótica de Qualidade-Programática- Vantagens - Cuidados</i>
	Autores	ANDRIOLO , Francisco Rodrigues; FRANÇA RIBEIRO , Luiz Edmundo
	Objetivo	Os Autores, baseado nas suas modestas experiências, buscam citar exemplos e trazer para debates, alguns aspectos recentes- dos últimos 15 anos- que, ao próprio juízo e comparações com o cenário em outras Obras Brasileiras e em Outros Países, merecem uma retro-análise e ações de ajustes.
	Comentários	Evidenciar os cuidados necessários

3.3- Registrado nos Anais

3.3.1	Artigo	<i>Avaliação Térmica e Tensional do Concreto Aplicado em Estruturas de Barragens</i>
	Autores	GAMBALE , Eduardo de Aquino; TRABOULSI , Maurice Antoine; FERREIRA Ricardo Barbosa
	Objetivo	Apresenta-se um estudo de três estruturas em obras diferentes. Onde os cálculos de temperatura foram efetuados adotando os modelos uni e bidirecional de transmissão de calor, levando-se em consideração o planejamento executivo da obra.
	Comentários	<u>O Relator solicitou aos Autores ampliar a informação como se segue:</u> <i>Delayed Ettringite Formation (DEF)</i> é um tipo especial de ataque por sulfato interno, em que os íons sulfato(SO_4^{2-}) são provenientes do cimento. Este fenômeno se caracteriza pela neoformação de inúmeros cristais de etringita na pasta endurecida de materiais cimentícios curados sob temperaturas elevadas e expostos à alta umidade, causando sua expansão e deterioração prematura. As altas temperaturas no interior do concreto nas primeiras idades podem ser promovidas pelo calor de hidratação do cimento, que aumenta na razão de seu consumo, independentemente do tipo empregado <u>A Figura induz à possibilidade de um Gradiente Dia-Noite superior a 20°C.</u>

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

Esse gradiente se ocorrer às primeiras idades pode causar um cenário de fissuração, não delineado nos Modelos Físico Matemáticos. Solicita-se a fineza de abordar o assunto.

Sim, se o gradiente Dia-Noite for superior a um limite admissível (no caso em questão 20°C), e dependendo da resistência do concreto nas primeiras idades pode causar um cenário de fissuração não previsto por modelos matemáticos, os quais foram desenvolvidos para a verificação do fenômeno térmico da Hidratação do cimento. Entretanto, esta condição poderá ser contemplada no modelo para verificação do efeito externo devido à variação da temperatura ambiental.

Para exemplificar o comentário supracitado, na Foto a seguir está mostrada uma estrutura de bacia de dissipação de uma UHE, a qual apresentou fissuras com idades inferiores a 3 dias, sem que a temperatura interna do concreto ter atingido o seu limite máximo previsto no modelo matemático utilizado. Salienta-se que foi registrado na obra um crescimento desta temperatura após a identificação das fissuras e com idades superiores a 3 dias, o que vem corroborar o efeito da variação da temperatura ambiental acima do limite admissível.



3.3.2 Artigo	<i>Modelo Estatístico para o Monitoramento de Movimentos Relativos na Barragem da UHE Itaipu</i>
Autores	Suellen Ribeiro Pardo GARCIA ; Anselmo CHAVES Neto; Cláudio NEUMANN Junior; Sílvia Frazão MATOS
Objetivo	Apresenta-se uma metodologia para a construção de modelos estatísticos HST para avaliar os deslocamentos horizontais da barragem principal de Itaipu utilizando Regressão por Mínimos Quadrados Parciais. A vantagem deste modelo multivariado é a redução considerável do número de variáveis monitoradas.
Comentários	<u>O Relator comentou que tendo em vista que o procedimento é uma proposição de metodologia, porem como não se notou comentários sobre as dispersões anotadas, solicita-se a fineza de esclarecer se é um fenômeno ou alguma anomalia pontual e conhecida, como se esclarece a seguir</u> Em particular, para a variável CO.F17X, a variância explicada pelo modelo com 7 componentes foi de apenas 69,98%. Assim, o gráfico de valores observados, versus valores preditos não apresenta um comportamento linear como o desejado. As razões pelas quais essa variável tem um comportamento distinto das outras, não foram exploradas neste artigo, mas seria interessante investigá-las, uma vez que poderia se tratar de um

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

movimento atípico, ou algum tipo de falha no coordenômetro correspondente, enfim, uma atenção especial deve ser dada ao local do CO.F17X

3.3.3	Artigo	<i>Statistical Analysis of field water pressure test of roller compacted concrete</i>
	Autores	Tiesheng Dou
	Objetivo	O método de ensaios de pressão de água sobre RCC deve ser melhorado para estudar as propriedades de permeabilidade da RCC com análise estatística. Além disso, alguns fatores de incerteza existem na construção da RCC, tais como a condição das juntas de construção, variação da espessura de camadas, segregação e outros. Esses fatores, inevitavelmente, têm um impacto sobre a qualidade de construção de RCC. Além disso, chuvas e altas temperaturas também afetam a qualidade do RCC. Todas estas incertezas levam a aleatoriedade nos resultados de ensaios
	Comentários	A Qualidade do concreto aplicado é relevante, os métodos servem para comprová-la
3.3.4	Artigo	<i>Progressos Recentes no Projeto e Construção de Barragens de Concreto Compactado com Rolo</i>
	Autores	José Marcos DONADON
	Objetivo	O trabalho mostra a essência do CCR – Concreto Compactado com Rolo, um breve histórico dele a nível mundial, a cronologia dele no Brasil, as barragens construídas no País, e tece considerações entre o CCR horizontal e as vantagens do Método Chinês Rampado sobre ele. Conclui mostrando as vantagens comparativas entre o CCR e o concreto massa convencional ou CCV, afirmando que em qualquer lugar do mundo não há mais argumentos para se usar o concreto massa ou convencional
	Comentários	É um resumo do uso no Brasil
3.3.5	Artigo	<i>Problema de Roteirização em Arcos Capacitados Periódicos, leitura de instrumentação da ITAIPU</i>
	Autores	Cleverson Gonçalves dos SANTOS ; Orlando Catarino da SILVA ; Cassius Tadeu SCARPIN ; Jair Marques MENDES
	Objetivo	O trabalho discute a aplicação de uma técnica de otimização para determinar o planejamento estratégico, tático e operacional que permita determinar os dias de leituras dos instrumentos minimizando a distância percorrida pelo leitorista, mas respeitando as necessidades reais em relação à periodicidade de leitura de cada instrumento
	Comentários	É um procedimento organizacional que deve ser avaliado sob as condições de cada obra, local, mão de obra.
3.3.6	Artigo	<i>Researches on the Key Techniques of Songyue RCC Dam Heightening</i>
	Autores	Yue Yuezhen ; Zhang Jiahong ; Xia Shifa
	Objetivo	O projeto SongYue localiza-se em região fria Devido à condição específica no projeto os problemas de tipos de concreto novos entrarem em contato com concretos anteriormente aplicados na barragem, são simulados quanto a análise de tensões e prevenção de fissuras através do controle de temperatura.
	Comentários	Registra de um procedimento que deve ser adotado nessas condições

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

3.3.7 Artigo	Influência do Tamanho do Agregado e da Relação Água/Cimento na Resistência Abrasiva e Erosiva de Concretos Utilizados no Vertedouro de Itaipu
Autores	Rogério Luis RIZZI ; Péttersen Vinícius PRAMIU ; Ricardo Lessa AZEVEDO ; Giovanna Patrícia Gava Oyamada
Objetivo	Tomando os concretos utilizados na superfície de escoamento do Vertedouro de Itaipu, foi avaliada a influência da proporção de agregado graúdo e da relação água/cimento na sua resistência abrasiva. Os valores de perda de massa foram ajustados a expressões de ajuste não linear sendo que os resultados mostraram-se satisfatórios para realizar estimativas de perda média de massa.
Comentários	Embora os Autores afirmem que seja possível sugerir uma metodologia para selecionar materiais mais apropriados para serem utilizados <u>nos reparos das lajes da calha do vertedouro</u> , é conveniente demonstrar para qual tipo de reparo a metodologia pode ser válida, visto que a aplicação de concretos em reparos não é genérica, depende da espessura a ser reparada, profundidade e do tempo para colocar em serviço
3.3.8 Artigo	Solução Analítica e Numérica da Equação da Condução de Calor Aplicada a Barragem de Concreto
Autores	Tasia HICKMANN ; Liliana GRAMANI ; Eloy KAVISKI ; Everton GARCIA
Objetivo	Os Autores apresentam uma comparação entre a solução analítica e numérica, via método dos elementos finitos (MEF) para a equação de Laplace em uma geometria simples. O MEF foi aplicado a um perfil de barragem hipotética para a determinação do campo de temperatura.
Comentários	Nota-se a conclusão afirmativa de que com softwares especializados tende-se obter resultados confiáveis.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

4. ESTATÍSTICAS E MATERIAIS

4.1- Generalidades

As Estatísticas são muitas vezes úteis, entretanto deve-se entender a origem do Universo que elas representam, e para justificar determinadas finalidades. Assim é que algumas revistas técnicas^[5] podem fornecer informações obtidas a partir de outras informações “dadas” ou “coletadas” parcialmente. O Relator esclarece que as informações de^[5], indicam que o Brasil possui cerca de 60 Barragens de CCR, mas entretanto ultrapassa a 100.

4.2- Número de Aplicações de CCR em Obras de Barragens

A “estatística disponível” e pesquisada no Brasil, pelo Relator, é mostrada na Figura, abaixo e leva a cerca de 105 barragens sendo que há, ainda, cerca de 8 barragens cujas informações são inconsistentes.

O conjunto de Barragens de RCC no Mundo atinge ao final de 2014 a mais de 660^[05], podendo ser um pouco mais, pois várias Entidades de vários Países evitam enviar informações, para reduzir o assédio de Profissionais sobre as decisões dos Projetos.

Cada uma mostra vantagens e particularidades em locais distintos, sob regimes hidrológicos diversos, não se podendo afirmar uma razão única para as preferências, que permitam o adequado e correto juízo.

Barragens de CCR no Brasil e no Mundo												
Ano	China	Brasil	Japão	USA	Espanha	Marrocos	Turquia	Austrália	Africa do Sul	México	Outros	Mundo
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1985	0	0	2	4	1	0	0	0	1	0	2	9
1990	2	2	7	13	5	3	0	2	5	1	16	45
1995	17	8	14	24	17	6	0	5	9	4	41	121
1996	19	9	15	28	17	6	0	6	9	4	48	136
1997	23	12	17	29	19	7	0	7	10	4	50	150
1998	26	14	24	30	20	8	0	7	11	4	51	168
1999	32	20	29	31	20	9	0	7	11	4	52	193
2000	36	25	31	33	21	10	0	7	12	5	54	212
2001	40	31	34	37	21	11	0	7	11	5	56	234
2002	45	42	36	37	21	12	1	7	11	5	68	258
2003	47	50	39	38	21	13	2	7	11	6	60	275
2004	51	51	41	39	21	14	2	7	12	7	62	289
2005	54	52	42	39	21	16	3	8	12	8	65	301
2006	66	54	43	39	21	17	4	8	12	8	68	312
2007	78	56	43	39	21	18	7	9	12	9	72	342
2008	98	60	44	40	22	19	9	9	12	10	74	390
2009	110	62	46	40	22	20	11	10	13	11	75	411
2010	120	78	48	42	22	21	14	11	13	12	66	447
2011	143	87	49	44	23	21	18	12	14	13	78	502
2012	160	92	51	44	24	23	20	13	15	14	98	554
2013	178	97	53	46	25	24	22	14	16	15	111	601
2014	188	105	54	47	25	25	25	15	17	17	150	668
	28%	16%	8%	7%	4%	4%	4%	2%	3%	3%	22%	100%
	China	Brasil	Japão	USA	Espanha	Marrocos	Turquia	Austrália	Africa do Sul	México	Outros	Mundo
		44%	52%	59%	63%	66%	70%	72%	75%	78%	22%	

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

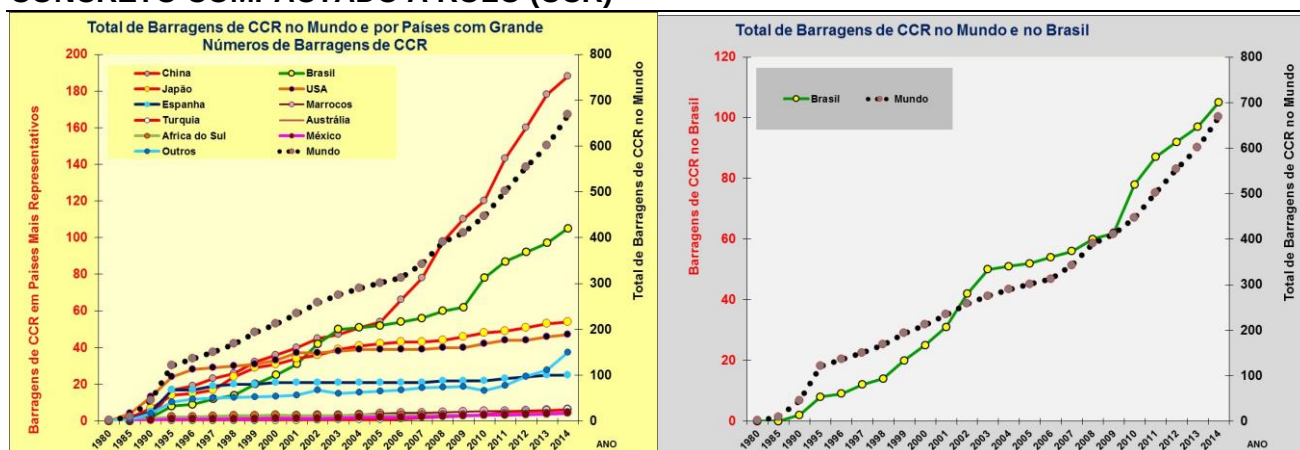


Figura 04- 01- Estatística do número de Barragens de CCR no Brasil e Mundo- 2014

O somatório de Barragens nos 10 Países com maior uso da metodologia do CCR corresponde a 78% do total, e sendo que 22% corresponde aos demais 53 Países, do total dos 63 Países usuários dessa metodologia.

Pelo gráfico nota-se que entre os anos 1980- 1990 cerca de, apenas, 8 Países aplicavam o CCR, e ainda que, a China – hoje o maior construtor de barragem em CCR deslanchou entre 1990 e 1995.

4.3- Aspectos do Desenvolvimento

Aplicações	Internacional	Brasil
Usos diversos	1974/1975- Enchimento em Tarbela (Paquistão)	Primeiras tentativas em 1976- Itaipu; 1977/78- São Simão; 1982-Tucuruí
Barragem	1980- Shimajigawa no Japão; 1982- Willow Creek nos Estados Unidos	Primeira Barragem construída 1986- Saco de Nova Olinda-

O Brasil, embora entre anos 1976- 1990 tenha sido um dos Países que mais estudou as características de CCR, começou aplicar efetivamente em 1976.



Piso do Almoxarifado do Construtor de Itaipu-1976

Primeiro Aterro Experimental em Itaipu - 1977

Enchimento de Rampas em Itaipu- 1978

Figuras 04-02 Aplicações iniciais do CCR no Brasil, em Itaipu

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras 04-02- Aplicações iniciais do CCR no Brasil, nos Blocos da Cabeça da Eclusa- Tucuruí- 1982

Os estudos de CCR, no Brasil, foram realizados principalmente pelas Empresas do Setor Hidrelétrico Brasileiro (**ITAIPU, CEMIG, FURNAS, ELETRONORTE, COPEL e CESP**), sendo que o Laboratório da **Itaipu** praticamente iniciou os estudos técnicos para conhecimento das diversas propriedades, quando realizou os estudos iniciais dos materiais e CCR das obras dos Projetos de **Urugua-i** (Argentina) e **Capanda** (Angola). Em Capanda, posteriormente, juntou-se **FURNAS** cujo Laboratório deu relevante contribuição.

Registra-se que em Urugua-i a contribuição Brasileira foi relevante para o desenvolvimento do CCR no Brasil e no Mundo, pelo estudo e uso inédito do Pó de Pedra para “fechamento” granulométrico das misturas, e a demonstração do uso desse rejeito industrial com vantagens aglutinantes pela evidência satisfatória Atividade Pozolânica^[09; 10 e 11]. Essa melhoria técnica e vantagem econômica já havia sido pesquisada entre 1978 e 1982 no Laboratório de Concreto da Itaipu, para concretos Massa Convencionais^[12].



Figuras 04-03- Construção da Barragem de Saco de Nova Olinda em CCR no Brasil- 1986



Ensaios de CCR no Laboratório de Itaipu

Execução do CCR na Barragem de Urugua-i, na Argentina

Vista da Barragem de Urugua-i durante a construção-Argentina

Figuras 04-04 Construção da Barragem de Urugua-i em CCR, na Argentina- 1987-1988 ^[13 a 16]

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Material de Capanda recebido no Laboratório de Itaipu-1987

Ensaios de Fluência no Laboratório de Itaipu-1987

Execução da Barragem de Capanda - 1989

Vista geral das atividades em Capanda- 1992

Figuras 04-05- Uso do CCR na Barragem de Capanda-Angola- 1988

Deve-se dizer que a linha demarcatória para uso do CCR, em Barragens no Brasil, foi o papel relevante desempenhado pela **COPEL** em colocar a Licitação Internacional da **Barragem da Derivação do Rio Jordão** (1992/1993), contemplando duas Alternativas-CCR e CFRD^[17], sendo que a maioria dos Ofertantes adotou, em suas ofertas, a opção em CCR, e a vencedora apresentou a melhor proposta com vários milhões de dólares a menos que o previsto no Orçamento e estudos de Engenharia. Mesmo após os Reclamos o Preço Final se mostrou inferior ao de Orçamento.

Essa iniciativa foi o divisor de águas no cenário Brasileiro de construção de Barragens de CCR, vindo depois **Salto Caxias**, embora se registre que na primeira metade da década de 90, tenham sido construídas mais 7 Barragens de CCR (Caraíbas, Gameleira, Acauã, Cova da Mandioca, Várzea Grande, Juba I e Juba II) e números crescentes foram sendo registrados.

Aplicações outras, em pavimentos, enchimentos, ensecadeiras, proteções de talude, foram executadas como historiado nas Referências ^[18 a 20], a partir de vasta bibliografia citada em [20].

Dentro desse desenvolvimento vale registrar que a Barragem de **Salto Caxias** (COPEL-Pr) recebeu o prêmio de **International Milestone RCC Project** no 5th International Symposium of RCC Dams, outorgado pelo Comitê Organizador do Simpósio. E a Barragem de **Miel I**, na Colômbia, construída pela Odebrecht (Construtora Brasileira) também recebeu esse certificado, sendo a mais alta Barragem de CCR já construída no Mundo, com cerca de 190m de altura.

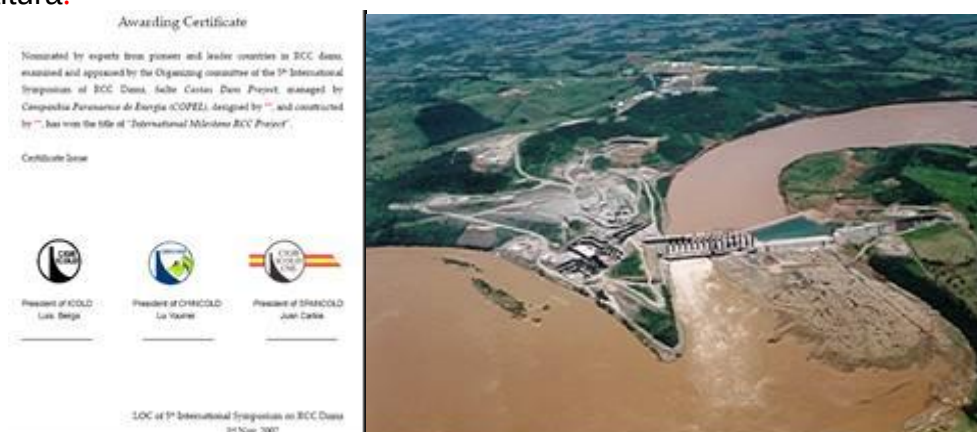


Figura 04-06- Premiação e Salto Caxias durante a construção

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figura 04-07- Barragem de Miel I – Colômbia

4.4- Registros Relevantes

Tema	Barragem	Local	Magnitude	Ano
Velocidade de Construção	Gibe III	Etiópia	820m ³ /h; 18.519m ³ /dia; 250.400m ³ /mês	2014
Mais Alta	Gibe III	Etiópia	246m	2014
Maior Crista	Las Blancas	Mexico	2705m	1999
Menor Crista	Liangsanping	China	33m	1985
Maior Volume	Gibe III	Etiópia	6.100 RCC; 6300 Total (m ³)	2015
Maior teor de Aglomerante	Nuoc Trong	Vietnam	90+230 kg/m ³	2009
Menor Teor de Aglomerante	Urugua-i	Argentina	60	1988
	Gameleira	Brasil	65	1991
Maior D _{max}	Shimajigawa	Japão	152mm	1982
Menor D _{max}	Bucca Weir	Austrália	38 mm	1987



Figura 04-08- Barragem de Santa Cruz do Apodi, com 58m de Altura; 1660m de Crista e Volume de CCR de 1.023.000m³- 2000



Figura 04-09- Barragem da Hidrelétrica de Urugau-i- Argentina, com 77m de Altura; 680m de Crista e Volume de CCR de 600.000m³- 1988

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figura 09-09-Saco de Nova Olinda- Construída em 1986 e reparada e 2011/2012

4.5- Tendências Tecnológicas

4.5.1- Agregados

O esforço para compactar a mistura é diretamente proporcional ao volume de agregado grosso. Se houver suficiente argamassa, uma larga gama de graduações dos agregados provavelmente não afete significativamente a densidade do RCC compactado com um determinado compactador. A granulometria de agregado miúdo é importante para a argamassa de ligação ocupar os vazios.

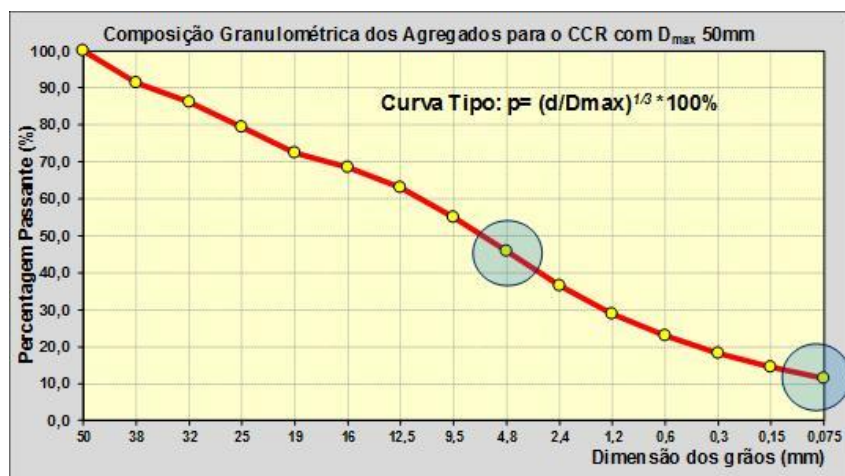
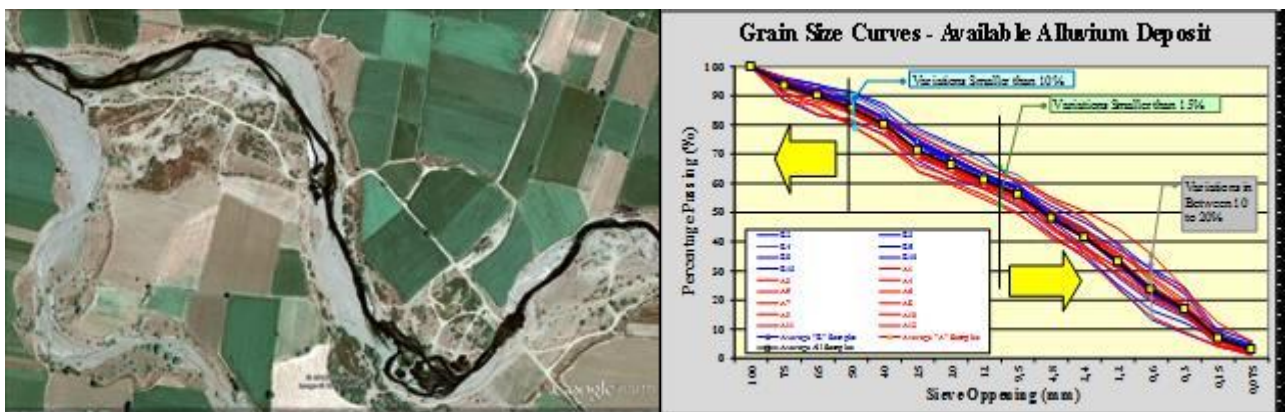
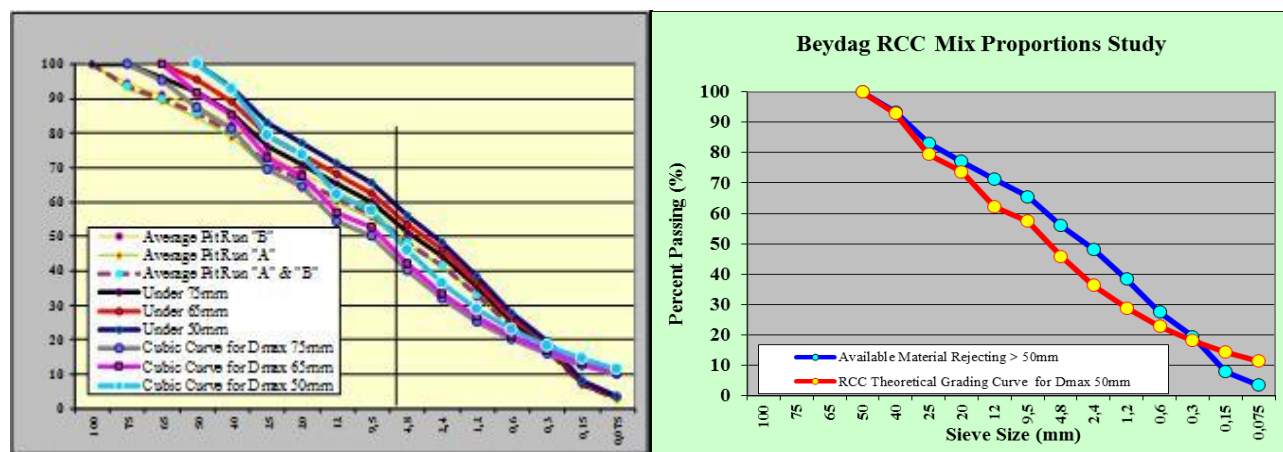


Figura 09-10-Curva Granulométrica preponderantemente usada para CCR



Figuras 09-11-Rio Mendere na Turquia, com aluvião com curva média bem graduada, permitindo seu uso praticamente integral no CCR

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras 09-12-Avaliação do aluvião do Rio Menderez para adequação ao Diâmetro máximo mais conveniente (economicamente) para o CCR da Barragem de Beydag

Em regiões onde há materiais pozolânicos tem sido econômico e benéfico, utilizá-los para a essa composição granulométrica, além das vantagens das Atividades Pozolânicas.

Entretanto em regiões onde a disponibilidade do material pozolânico inexistente ou é economicamente inviável o uso do Pó de Pedra passa a ser uma alternativa técnica-econômica. Nessa condição é importante avaliar se esse Pó de Pedra possui alguma Atividade Pozolânica, como se comenta mais à frente.

Aproveita-se a oportunidade para alertar sobre a necessidade de conhecer as características das matrizes rochosas que possam conter elementos que venham a reagir com compostos do cimento-concreto. Assim é que, apesar de o domínio, no Brasil sobre o tema de Reações Álcalis Agregados tenha se iniciado ao início dos anos 60, e no Mundo (USA) ao redor dos 30, há ainda profissionais desatentos quanto aos danos e consequências.

Outro conjunto de reações expansivas decorrente de Sulfetos (rochas com matrizes contendo Piratas e outros análogos) já se evidenciam em obras construídas nos anos 50 a 70 [21], bem como em obras novas. Esse tema tem chamado a atenção em várias partes do Mundo.



Figura 04-13- Fissura sub-horizontal na face lateral da galeria de entrada, desde jusante, em uma Barragem construída ao redor de meados de 1970, inspecionada 35 anos após.

Evidencia-se:

- Fissura na região a Jusante, com direção, praticamente, horizontal;
- Exsudação de material esbranquiçado junto a fissura

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras - 04-14- Detalhes da Fissura citada na Figura 04-13



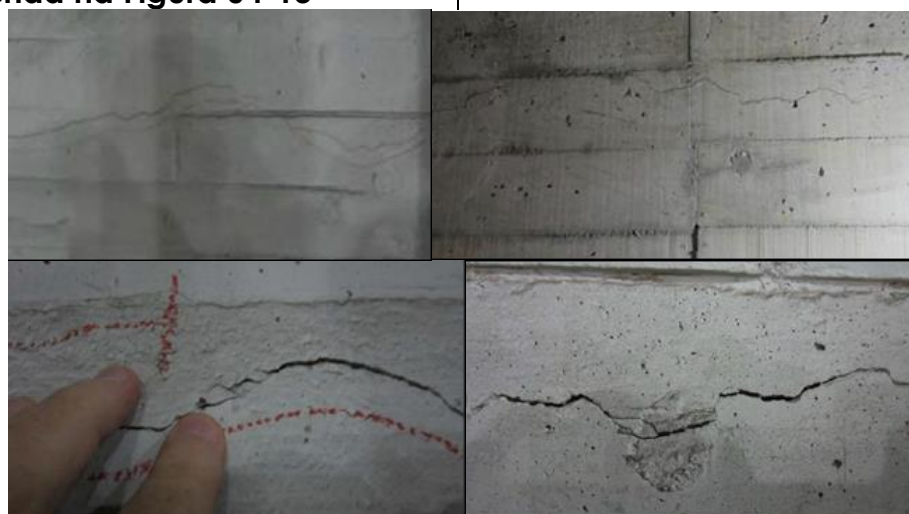
Figura 04-15- Aspecto de percolação e deposição de material esbranquiçado na galeria referida na Figura 04-13



Figura 04-16- Aspecto de material vermelho amarronzado depositado na canaleta de drenagem da galeria referida na Figura 04-13



Figura 04-17- Aspecto de material vermelho amarronzado depositado no piso da galeria referida na Figura 04-13



Figuras 04-18- Figuras- Detalhe de Fissura nas paredes de jusante de uma galeria de barragem, em outra obra.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



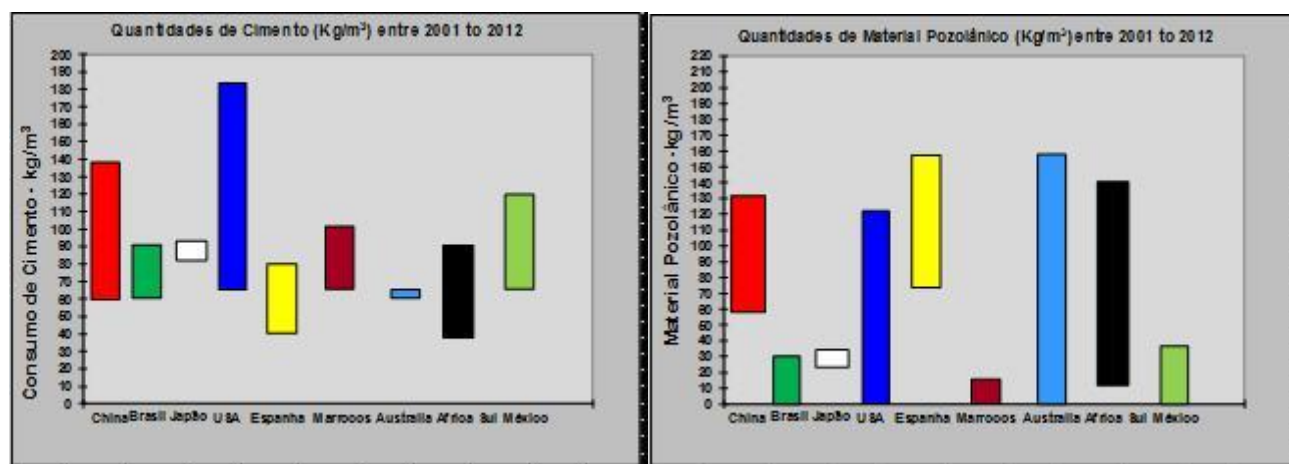
Figuras 04-19- Aspectos material depositado e de erosão química do concreto junto a deposição do material esbranquiçado, depositado, semelhante ao ocorrido na obra exemplificada anteriormente

4.5.2- Aglomerantes

As conversas sobre definições tendenciosas sobre uma possível prática do “RCC Pobre” (Low Cementitious Content) ou “Alta Pasta” (High Paste) ou das fantasiosas diferenças entre RCC-RCD-Hard Fill, estão indo, pouco a pouco, para o lugar comum: ***ser um concreto que atenda os requisitos impostos pelo Projeto, como outro qualquer de caráter massivo.***

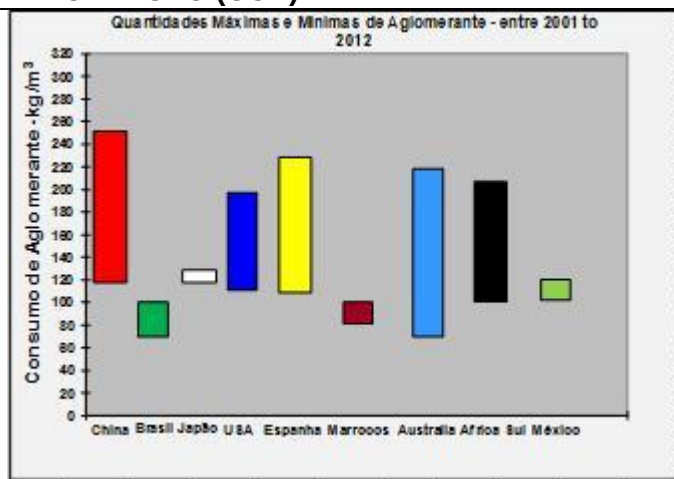
É evidente que ao se requerer uma determinada propriedade deve-se buscar a dosagem, com os materiais disponíveis, para atender essa propriedade. Por exemplo, uma maior resistência para o RCC de uma Barragem Arco Dupla Curvatura, ou para um Pavimento. Mas esses concretos assim dosados, e aplicados com compactação por Rolo Vibratório, são CCR, **ou melhor- CONCRETOS!**

A título de Estatísticas foram desenvolvidos os gráficos das Figuras 04-20 e 04-21.



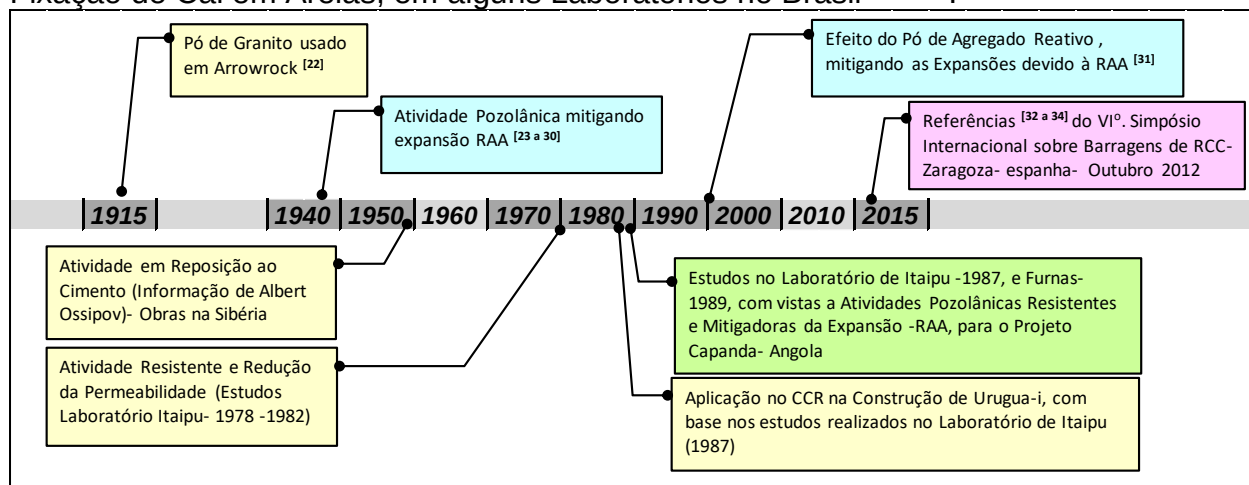
Figuras 04-20- Consumos de Cimento e Material Pozolânico praticados nos Países com maior Número de Barragens em CCR

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras 04-21- Consumos de Aglomerantes praticados nos Países com maior Número de Barragens em CCR

Dr. Eng. Albert Ossipov (do *Scientific Research Centre Hydroproject Institute de Moscow*), possibilitou aprofundar estudos [12 a14] com intuito de caracterizar a Atividade do Pó de Pedra, na fixação do Hidróxido de Cálcio, liberado na hidratação do cimento. Essa ação assemelha-se a uma Atividade com Cal, normalmente observada na caracterização de Materiais Pozolânicos. Desses estudos decorreu a implantação da metodologia de Fixação de Cal em Areias, em alguns Laboratórios no Brasil [12 a16].



Figuras 04-22- Cronologia do entendimento e uso do Pó de Pedra

Na atualidade, mesmo os defensores-internacionais- do intenso uso de cinzas volantes, começaram a adotar o Pó de Pedra- Rock Dust como elemento favorável.

Uso do Pó de Pedra	Internacional	Brasil
Usos diversos	A partir dos anos 1915	A partir de 1994 em Itá
Barragem de CCR	Barragem de Urugua-í na Argentina- em 1987, e posteriormente Capanda-Angola, 1988	Barragem do Jordão-1994

O uso do Pó de Pedra, de rochas com teores de Sílica, Ferro e Alumínio, e características mineralógicas adequadas, se demonstrou válido técnica e economicamente, sendo que há de se registrar que no CCR de **Capanda**, com 70 e 80 kg/m³ de cimento Portland Comum,

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

houve evidências de crescimento de Resistências acima de 10 anos de idade^[35], que sem a ação “Pozolânica” do pó de Pedra do Meta-Arenito, não ocorreria.

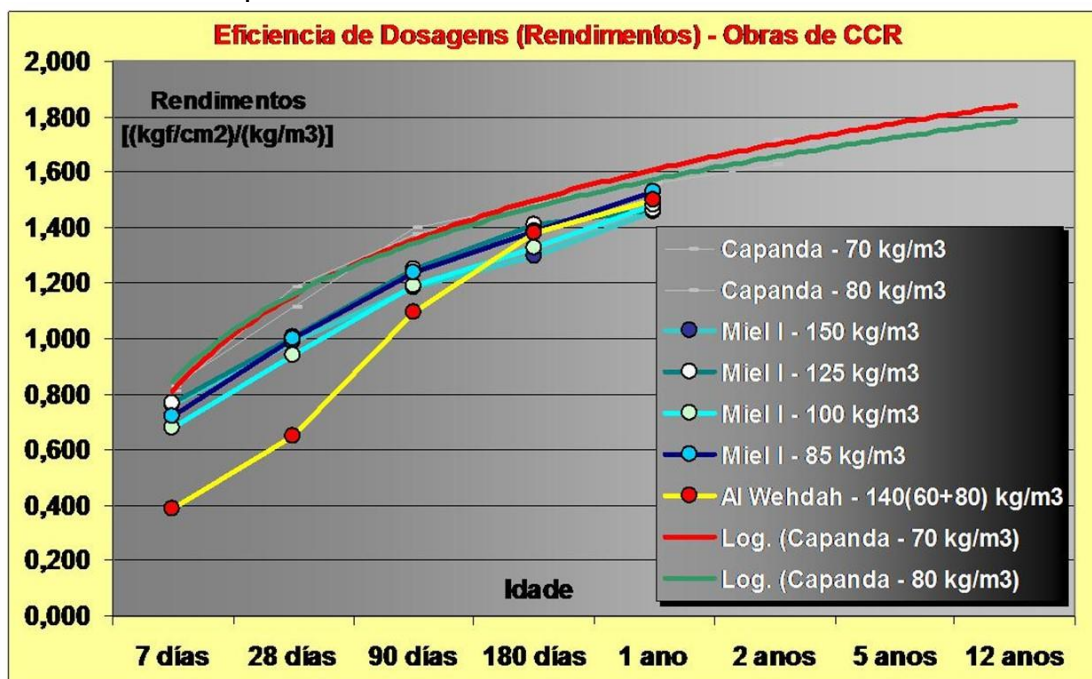


Figura 04-23- - Resultados de rendimentos de resistências de CCR de algumas Barragens no Mundo

É conveniente ressaltar que na atualidade até alguns mais reticentes estão sugerindo o uso do Pó de Pedra, em obras no Mundo ^[31 a 34]

É importante mencionar no aspecto de uso de aglomerantes a componente de Custos devido às distâncias e logísticas de transporte, como deve ser considerado no Brasil

Chama-se, também, a atenção sobre o pouco cuidado que tem havido, recentemente em algumas obras, no Brasil, quanto a **seleção- qualidade-tipo- de cimento** atualmente disponível no mercado. Há evidências de uso de cimento com elevadíssimo e anormal Calor de Hidratação em concretos massivos como se exemplifica a seguir. Isso incrementa desfavoravelmente o potencial de fissuração requerendo adequações metodológicas e programáticas

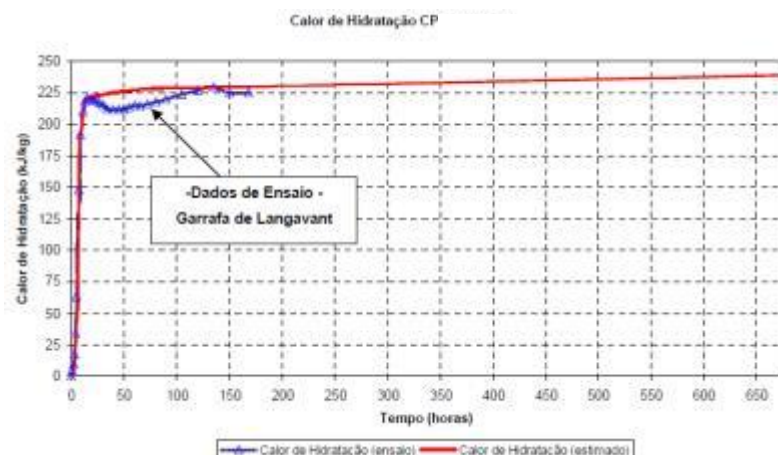


Figura 04-24- Curva de Desenvolvimento do Calor de Hidratação de cimento usado em Obra recente, no Brasil.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

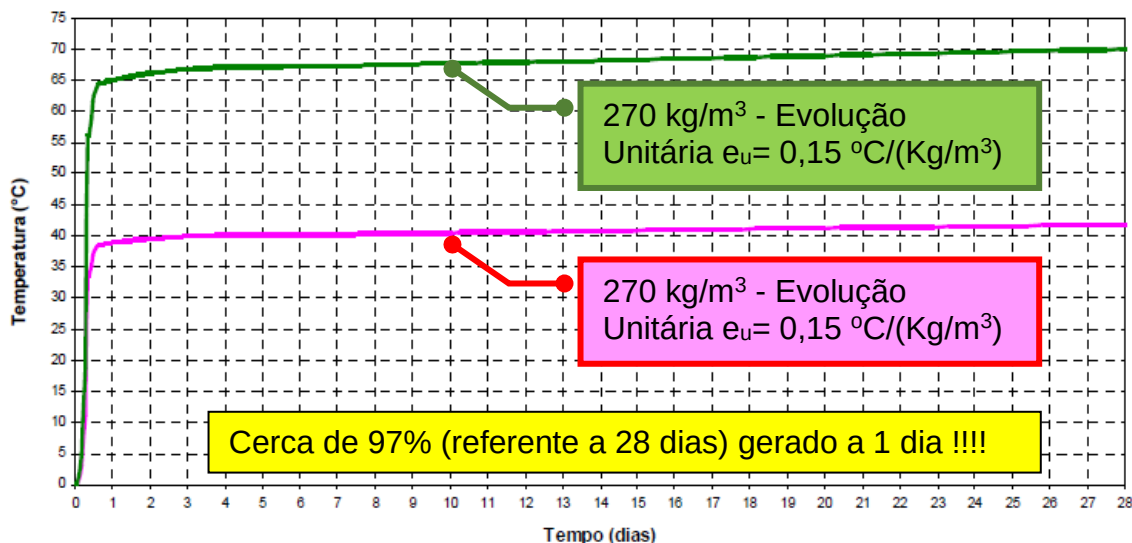


Figura 04-25- Curvas Elevação Adiabática de concretos de Obra recente, no Brasil, com esse cimento citado na Figura 04-24



Cerca de 45% (referente a 28 dias) gerado a 1 dia-Normal

Figuras 04-26- Curvas Elevação Adiabática de concretos de várias obras construídas no Brasil, entre os anos 1970 e 2010

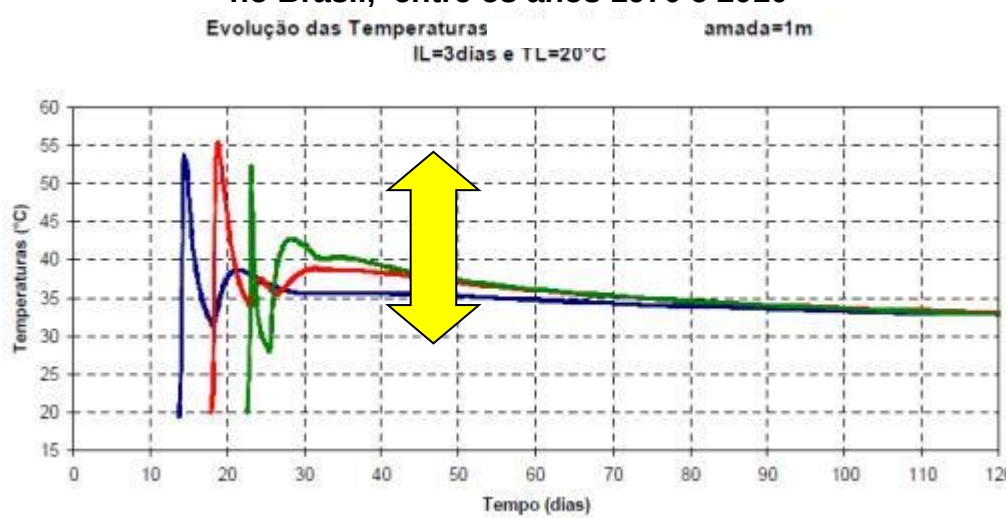


Figura 04-27- Avaliação térmica de comportamento de desenvolvimento térmico de concreto (com consumo de cerca de 270 kg/m³) aplicado em camadas de 1m, a intervalos de 3 dias e a temperatura de 20°C

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

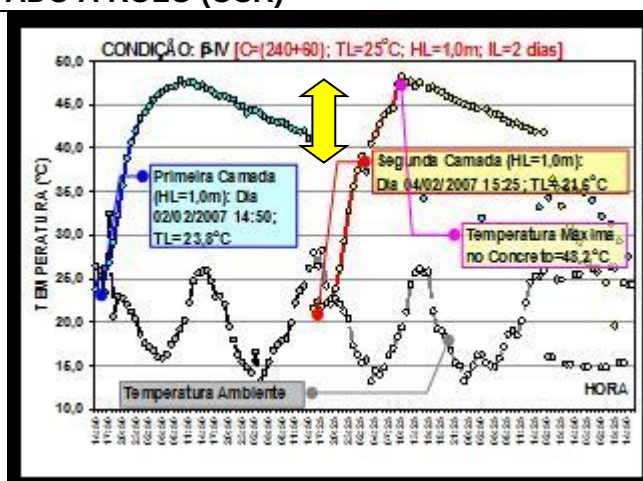


Figura 04-28- Medições do histórico térmico de ensaios em obra de concreto (com consumo de cerca de 230 kg/m³) aplicado em camadas de 1m, a intervalos de 2 dias e a temperatura de 25°C, com cimentos NORMAIS, evidenciando picos e gradientes mais favoráveis para mitigar a fissuração

4.5.3- Aditivos

As tendências observadas quanto ao uso de aditivos, são citadas abaixo.

Tendências de Uso	Internacional	Brasil
Retardador	Uso de aditivos para amplo Tempo de Fim de Pega (15 a 24 horas)	Uso de aditivos para moderado tempo de Fim de Pega (4 a 6 horas)
Plastificante		
Incorporador de Ar	Devido ao Clima Frio	Não adotado

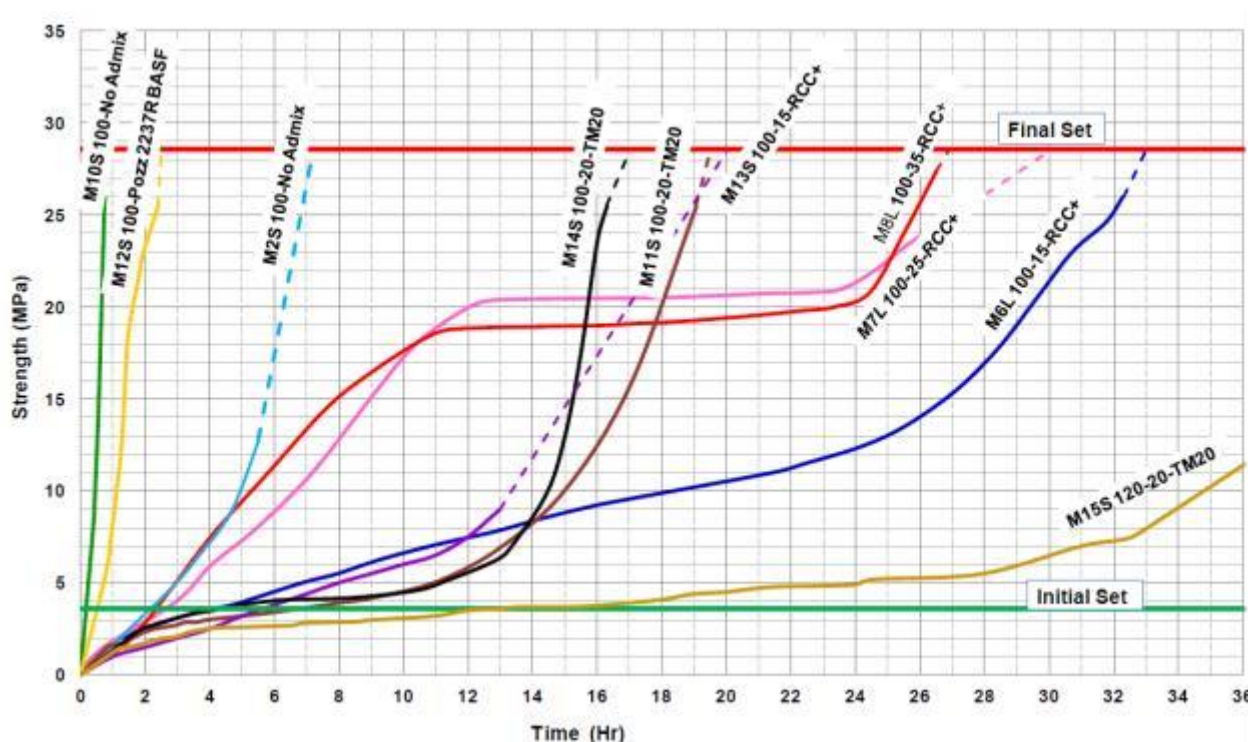


Figura 04-29- Medições dos tempos de Início e Fim de Pega de CCR, para avaliação do desempenho de aditivos Plastificantes Retardadores.

5- DOSAGENS - CCR

5.1- Generalidades

As primeiras aplicações do RCC (ao redor de 1982-1984) confirmaram as previsões da necessidade de adotar cuidados quanto à Permeabilidade da Face de Montante, como previsto (Referência ^[02]) e no Próprio *Tender Document for Willow Creek* e ocorrido na Barragem de Willow Creek, e em outras. Adicionalmente, vários estudos confirmaram essa elevada Permeabilidade.

Essa alta permeabilidade observada, inicialmente no CCR, decorria da tendência, dos tecnólogos em utilizar composições granulométricas oriundas, e consagradas para concretos Massa Convencionais, que contemplavam maior quantidade de frações grossas do Graúdo e pouca quantidade de finos. Esse ponto foi calorosamente debatido pelo autor e colaboradores à época dos primeiros estudos e aplicações em **Itaipu**.

A partir dessa época começou-se a dar atenção à quantidade dos Finos (material de tamanho menor que 0,075mm), o que permitiu estabelecer uma nova prática, o que alguns passaram chamar a Segunda Geração de Barragens de RCC.

Essa prática evidencia que a Redução de Permeabilidade, **não necessariamente estaria dependente do Consumo de Cimento**, podendo-se ter Coeficientes de Permeabilidade de 10^{-11} a 10^{-12} m/s com teores de aglomerante ao redor de 100kg/m^3 . Ou seja a prática do uso de Finos (preponderantemente Não Coesivos- Não Argilosos) se estabeleceu, com vantagens evidentes.

O conhecimento das propriedades é ferramental de cálculos, modelos estruturais e a velocidade permitida pelos computadores, possibilitaram e continuam induzindo a otimizações.

Por exemplo, o uso do concreto massa nas barragens Brasileiras, possibilitou um avanço no conhecimento das propriedades a longo prazo, o que permitiu especificar parâmetros à idade de 180 e/ou 365 dias trazendo economia substanciais, principalmente ao se entender a logística de transporte no imenso território do País. Isso desde os anos 70, sendo que em outros Países isso começou a ser adotado nos anos 90.

O uso de CCR no Brasil **primordialmente não decorreu do baixo consumo de aglomerante**, que já era praticado nas barragens de concreto brasileiras, mas sim pela velocidade e simplicidade de construção.

Por outro lado o uso de camadas de concretagem de pequena espessura (0,3m) como adotado no CCR, induziu a dois aspectos:

- **De um lado simplificador:** o conhecimento do comportamento térmico decorrente da hidratação do aglomerante, e a situação proporcionada pela área do topo da camada, e sua difusão, permitindo uma troca de calor com ambiente ainda na fase de geração máxima de calor, e;

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

- **De outro lado complicador:** que decorre de um maior número de Juntas de Construção a tratar, e necessidade de se ter a estanqueidade e não causar alteração do monolitismo.

Esses aspectos, ainda (em 2015), continuam chamando a atenção e requerendo esforços de ensinamentos e treinamentos, para a devida compreensão.

5. 2. Aspecto e Conveniência/ Necessidades para o Brasil

De ^[36] pode-se lembrar:

“...Premissa I-

*Não há **SOLUÇÃO ÚNICA** para todas as Barragens! Cada local, cada tipo de material disponível implica em ajustes! **De Engenhosidade!***

- *Não existe “um único” tipo de Barragem para um local!;*
- *Há um tipo e arranjo, que se adapta ao local de um barramento- aproveitamento, que “melhor” se enquadra às condições de:*
 - *Momento (Custos praticados à época);*
 - *Cronologia;*
 - *Condições Topográficas - Geológicas;*
 - *Disponibilidade de Materiais;*
 - *Segurança;*
 - *Conhecimento (das várias partes envolvidas)*
- *Há, então, um tipo de barramento que convém àquela obra, àquela época.*

O importante é que os Profissionais envolvidos, as Comunidades Técnicas e Representativas e Empresas de Projeto e Construção, disponibilizem soluções econômicas- seguras- rápidas- vantajosas aos interesses do País e da Sociedade!

Não se deve, prioristicamente, eliminar uma eventual solução por questões individuais, ou de âmbito restrito-confinado, e muito menos por paixão ou vaidade!.

Premissa II-

No Brasil a média da altura de todas as barragens construídas (hidrelétricas, Obras de Abastecimento, Contra enchentes, etc...) esta ao redor de 60 a 70m.

Considerando essa Altura Média, de 70m, e visualizando uma Barragem tipo Gravidade, ter-se-á Tensões Efetivas (f_d), no corpo da Barragem, inferiores a 2,0MPa (ver tabela a seguir). Isso leva a Tensões Requeridas (f_{ck}) da ordem de no máximo (para Coeficientes Usuais de 3) 6,0MPa, que por sua vez leva à necessidade de Resistências Médias a serem obtidas da ordem de 7MPa. Diga-se 8,0MPa, para um âmbito mais genérico. Para as Barragens de Concreto (CCR ou CVC Massa) há uma necessidade de um Teor de Aglomerante da ordem de 60 kg/m³.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

Altura da Barragem (m)	Talude Montante	Talude Jusante	Tensão efetiva-CCN ^(a) (MPa)	Tensão efetiva CCE ^(b) (Mpa)	Coefficiente de Segurança	Resistência Característica (f_{ck})- (MPa)	Resistência Média a ser obtida (f_c) ^(c) -	Idade de obtenção (dias) dos valores	Consumo estimado de aglomerante (kg/m^3) ^(d)
70	0,1	0,65	2,1	2,5	3	6,3	7,6	180	61
		0,70	1,8	2,2		5,4	6,5		52
		0,75	1,6	1,8		4,8	5,8		46
	Vertical	0,65	2,4			7,2	8,7		70
		0,70	2			6	7,3		59
		0,75	1,8			5,4	6,5		52

Notas:

- (a) – Condição de Carregamento Normal- Peso Próprio + Empuxos
(b) – Condição de Carregamento Excepcional- CCN+ Sismo (0,05g)
(c) – Considerando um Coeficiente de Variação de 20% e Quantil de 1 em 5 valores podendo se situar abaixo do f_{ck}
(d) – Rendimento (MPa)/(kg/m³) de 0,125 à idade de 180 dias

Ao se considerar efeitos Sísmicos (além de **0,05g** que é adotado nos Códigos Brasileiros) em outros Países essa Tensão Requerida pode variar um pouco mais, ou a Geometria da Seção Transversal pode ser ajustada convenientemente.

Salienta-se ainda que, em uma região **não sísmica**, para seções transversais com talude de jusante da ordem de 0,85: 1,0 (H:V) praticamente o atrito é suficiente para impedir o deslizamento, minimizando a necessidade de coesão, e é válido, também, para barragem de cerca de 60m e atrito fundação- barragem de 40°

Premissas III

Pode-se considerar como sendo o conjunto de:

- Construtibilidade;
- Rapidez;
- Simplicidade;
- Segurança;
- Qualidade - Durabilidade;
- Custos

Premissas IV

Minoração à interveniência Ambiental...

Ao se observar o exercício acima, nota-se que ao se otimizar o consumo de aglomerante, o custo mais relevante na composição do concreto passa a ser **o dos agregados**.

Disso resulta uma possível indagação:

- **O que pode ser feito, adotado, avaliado para uma otimização global?**

Por outro lado, um grande número de barragens no Brasil, em geral para abastecimento humano e irrigação, e de pequena a média altura, por questões hidrológicas requerem vertedouros com

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

razoável largura útil. Nestes casos, para alturas inferiores a cerca de 75 metros e carga hidráulica vertente de 2,0 a 3,0 metros, a alternativa de barragem de solo granular –cimento, e proteção do talude de jusante com concreto é uma alternativa que não deve ser descartada apriori.

5.3.Disponibilidade Técnica

5.3.1. Conceituações

A idéia da Técnica de Construção do CCR, foi mencionada inicialmente nas conferências de Asilomar- Califórnia, como pode ser convenientemente lembrada:

- ☞ RAPHAEL, J.M.- **“The Optimum Gravity Dam- Proceedings of the Rapid Construction Concrete Dams”**- ASCE- Asilomar- California-USA- March-1970 ^[01]
- ☞ CANNON, R.W.- **“Concrete Dam Construction Using Earth Compaction Methods”**- Anáís do Economical Construction of Concrete Dams- Asilomar- California- USA- May-1972 ^[02];
- ☞ RAPHAEL, J.M.- **“Construction Method for the Soil- Cement Dam”**- Anáís do Economical Construction of Concrete Dams- Asilomar- California- USA- May-1972 ^[03];

e respectivas discussões, devem ser sugeridas para a devida compreensão. Disso nota-se a sugestão original de usar o Solo-Cimento. E isso pode levar à indagação:

- **Qual(is) a(s) razão(ões) para não se utilizar o Solo-Cimento como elemento resistente em barragens de pequena ou média altura, como as da necessidade Brasileira?**
 - ☞ Desconhecimento?!
 - ☞ Dúvidas?!
 - ☞ Desinteresses?!
 - ☞ Mesmices?!

É evidente que esses argumentos não cabem à comunidade técnica. Deve-se então buscar fazer entender a disponibilidade e induzir ao conhecimento para o uso.

5.3.2. Cronologia de Desenvolvimento e Conhecimento

A Figura 03-01 a seguir mostra uma linha de desenvolvimento para o melhor entendimento das possibilidades, podendo evidenciar.

Ordem	Assunto	Referências
A	Início de uso do Solo – Cimento- Década de 30, tanto Internacional, como Nacionalmente, para pavimentação	[37] & [38]
B	Uso do Solo- Cimento para a proteção de talude em barragens, década de 50 nos Estados Unidos e Década de 80 no Brasil	[39 a 43]
C	Conhecimento de Propriedades Básicas desde a década de 30, e de várias Propriedades desde a década de 50, No Brasil a CESP buscou realizar um Estudo de várias propriedades Mecânicas e Elástica nos anos 80 e 90, para uso em barragens	[40 a 47]
D	Aplicação do Conceito de Solo-Cimento para uso como elemento resistente do corpo da barragem, desde: a) Japão- 1993; b) China- 2004; c) Turquia- 2005; d) Iran- 2010	[48]; [49 e 50]; [51]; [52]

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

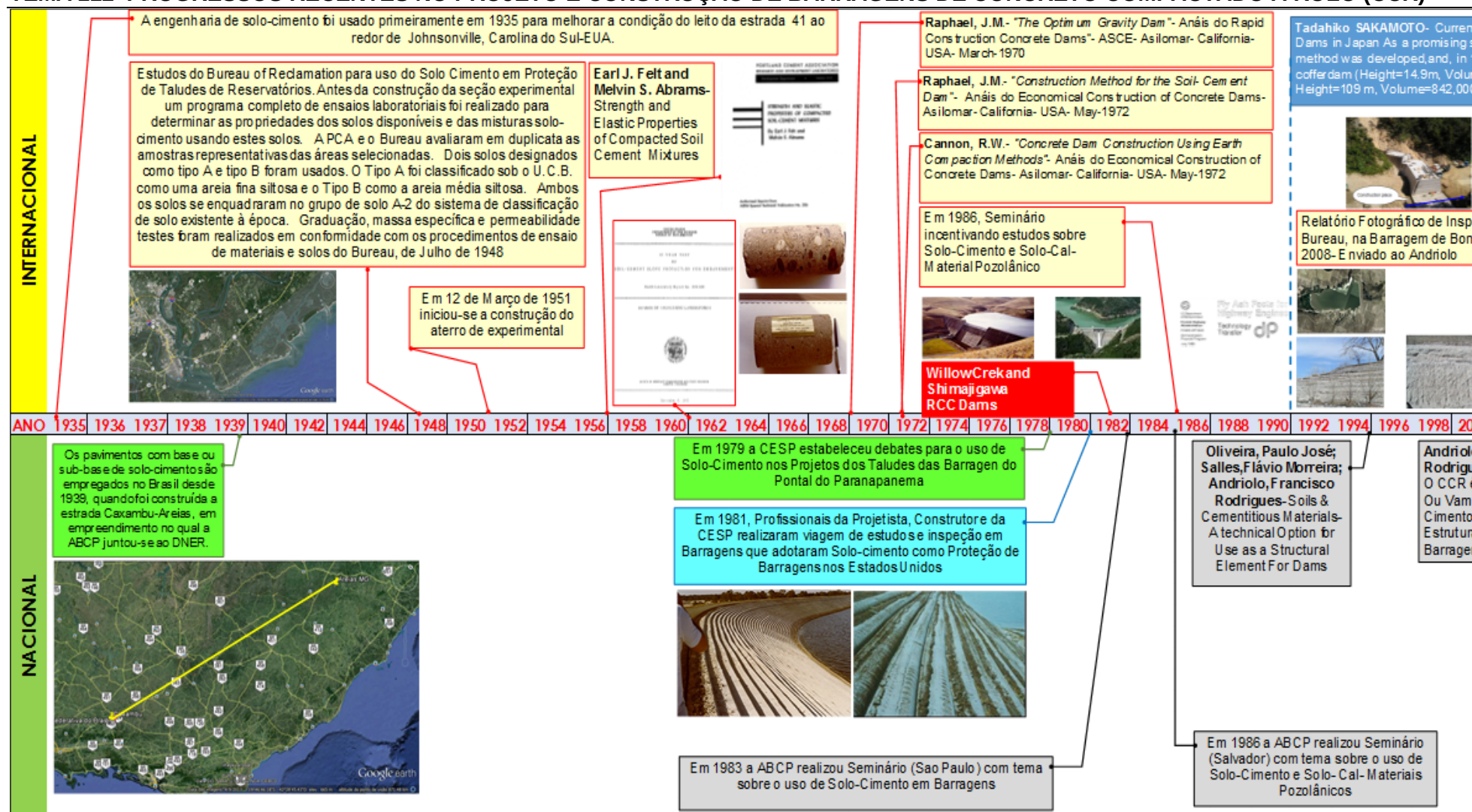


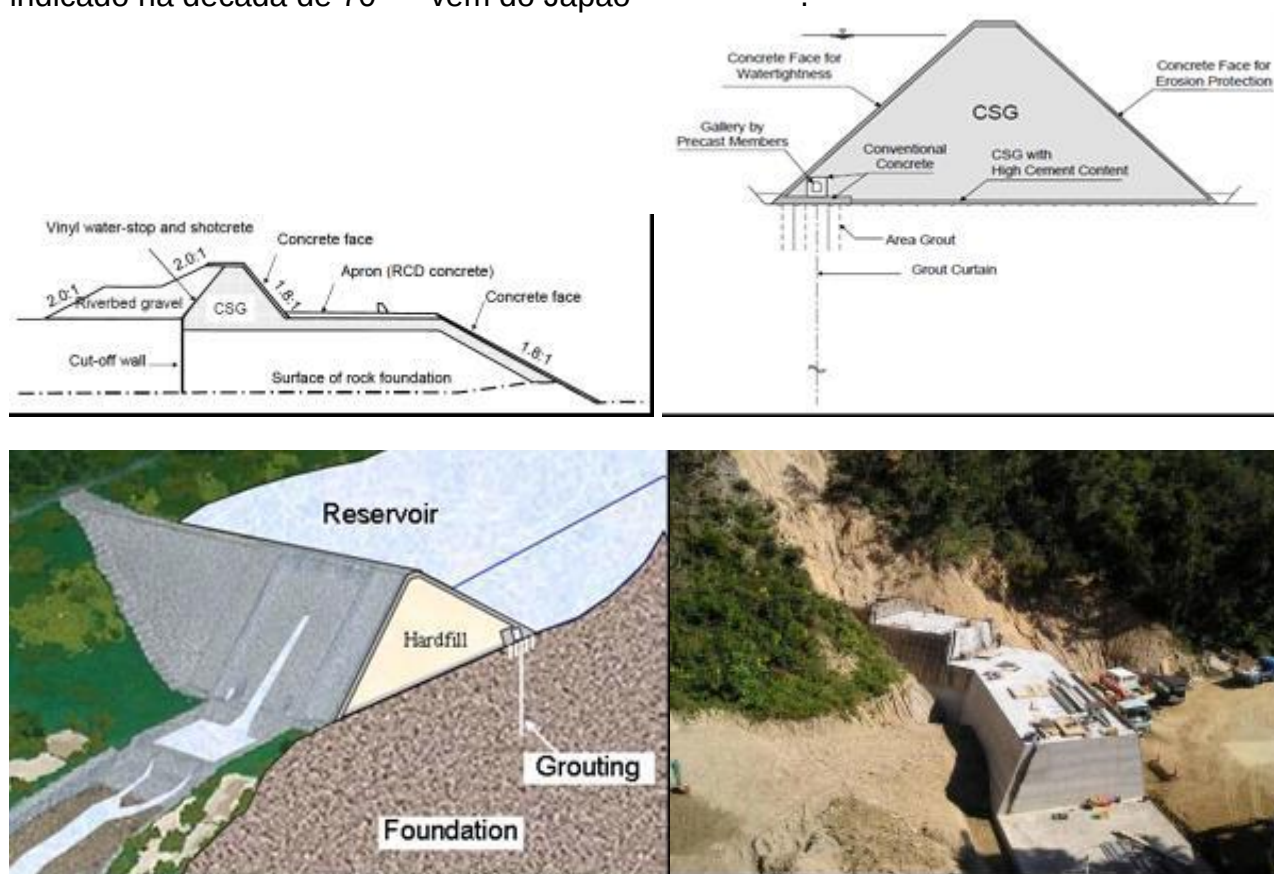
Figura 05.01- Cronologia do desenvolvimento tecnológico do Solo-Cimento e o do uso atual para um barramento

De outro modo sabe-se o solo arenoso possui consistência granulosa como a areia. E também, [53]

...os solos arenosos, presentes em grande parte do território brasileiro, apresentam, ... quando manejados adequadamente, utilizando práticas conservacionistas adequadas e sustentáveis, podem se tornar produtivos e economicamente viáveis...

5.3.3. Exemplos Atuais do Emprego do Conceito do Solo Cimento para Maciço de Barragens

Os exemplos mais significativos do uso do Solo-Cimento como elemento resistente, como indicado na década de 70 ^[03] vêm do Japão ^[48,52 e 54 a 64].



Figuras 05-02- Uso de CSG (Cement Sand & Gravel) na construção de várias barragens para contenção de cheias (*Sabo Dams*) no Japão

5.4. Potencialidade Técnica do Solo-Cimento para Uso como Barramento

5.4.1. Características

A publicação [36] forneceu propriedades de 3 tipos de solos sendo que aqueles contendo de 5% a 35% de finos menores que 0,075mm, de pouca plasticidade, produzem as misturas de Solo Cimento mais econômicas. Solos “cascalhosos”, são ainda mais econômicos. Solos mais finos requerem um maior teor de cimento. As graduações granulométricas podem ser menos restritivas que as usuais para concretos

A água é necessária para a mistura dos Solos- Cimentos, sendo que os Solos mais arenosos requerem de 7% a 10% da massa do solo (145kg/m^3 a 220kg/m^3), e os mais argilosos podem chegar de 10% a 13% (180kg/m^3 a 260kg/m^3).

5.4.2.Dosagens

Vários critérios têm sido usados para as dosagens do Solo-Cimento, sendo que o mesmo conceito adotado para o CCR é aplicável ao Solo- Cimento, mesmo porque há muita semelhança, e é ilustrado a seguir ^[37].

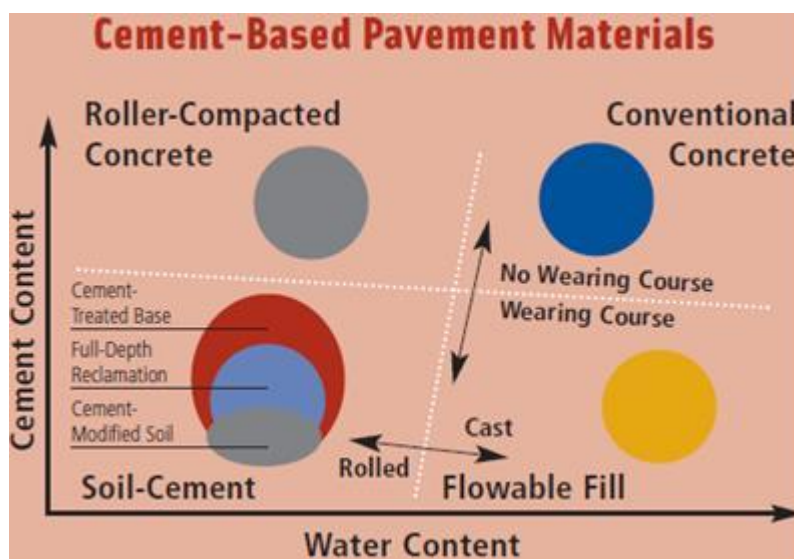


Figura 05-03- Comparação entre o Solo Cimento e outros concretos quanto consumos em pavimentos ^[37]

5.4.3. Propriedades

As diversas publicações Internacionais e Nacionais permitem o domínio das diversas propriedades para o uso seguro desse material.

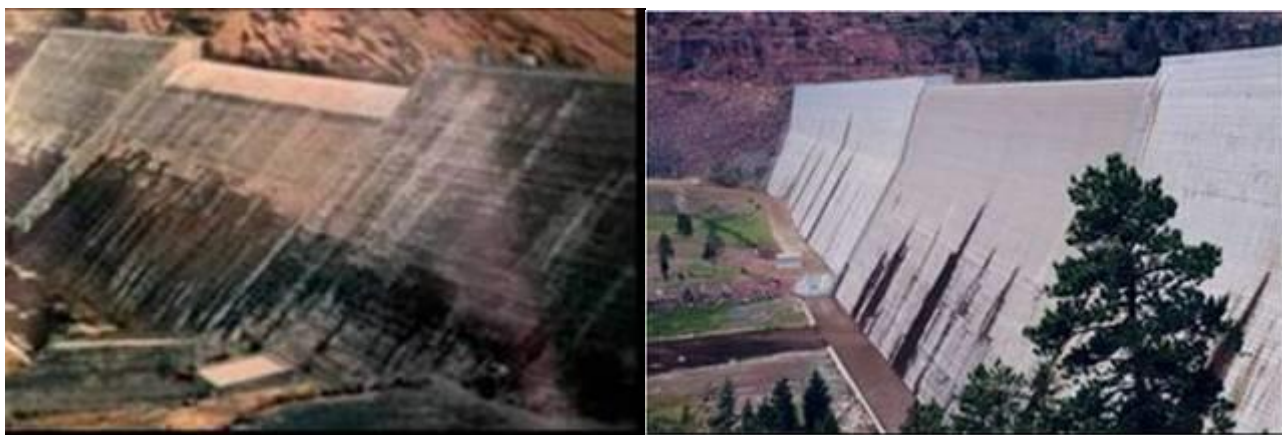
5.5- Aspectos para Uso em Barragens

As discussões para uso desse material como elemento resistente em barragens, além dos exemplos citados precedentemente, principalmente no Japão, foram debatidos na publicação^[03], quando então evidenciou-se a potencialidade do uso desse material, aplicado de modo até mais simples que o CCR.

6- SISTEMAS DE ESTANQUEIDADE

Quem é o Responsável pelos aspectos mostrados nas Figuras abaixo?

- Projetista?
- Construtor?
- Consultor?
- Proprietário-Concessionário?
- Todos?



Figuras 06-01- Os primeiros erros ou falhas em barragens de CCR pela falta de atenção ao sistema de estanqueidade ocorridas em Willow Creek (1982) e Upper Stillwater (1985), por razões distintas

Entretanto essas falhas continuam a ocorrer!

Um aspecto creditado aos **Erros** advém da pouca importância dada à necessidade de se ter um sistema de estanqueidade mais consistente com a técnica. Agregava-se a isso o maior número de Juntas de Construção (e eventual caminho propício à percolação) nessa Metodologia em comparação com a do CVC Massa, tradicionalmente usado à época. Esse binômio de fatos- *elevada permeabilidade (dos CCRs da primeira geração) e um maior número de Juntas de Construção*- levou à necessidade de tomar atenção no Sistema de Estanqueidade e Drenagem das Barragens de CCR.

A prática de construção de Barragens de CCR no Brasil estabeleceu-se praticamente com a consolidação do aspecto conceitual de Segurança do corpo da Barragem, oriunda do RCD (Japonês) com a interface de simplicidade de construção observada nas primeiras barragens Norte Americanas, praticamente de acordo com as sugestões comentadas em [18 e 19].

- + Ou seja, um corpo massivo, com sistema de Estanqueidade na face de montante,
- + Uso do CVC de Face (com consumo máximo de aglomerante ao redor de 200kg/m³) moldado simultaneamente com o CCR, com Juntas de Contração preponderantemente a cada 20m, seladas com dupla linha de Veda Juntas de PVC de Bitola 35cm;
- + Adoção de Argamassa de Berço, como segurança adicional (visto que praticamente o Coeficiente de Atrito entre as camadas, é suficiente para as Cargas conceituadas nos

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

Códigos Brasileiros), em cerca de 25% a 30% da superfície próxima a montante
+ Galerias de Drenagem;

Em alguns poucos Projetos de Obras de CCR no Brasil, utilizou-se de um outro sistema de Estanqueidade, mas que não tiveram a plena satisfatoriedade e não mais tem sido usado.



Figuras 06-02- Aspectos das do GE-RCC ALVEOLADO (com “Bicheiras”) na face da Barragem de Olivenhain-USA, terminada em 2003, tendo que adotar uma Manta de PVC, posterior.



Figuras 06-03- Aspectos de precário CCR executado em Obra de Barragem no Brasil, construída em 1995



Figuras 06-04- Aspectos de precária estanqueidade da Face (em GE-RCC) de uma Barragem em CCR, de Projeto Hidrelétrico na América do Sul, terminada em 1996



Figuras 06-05- Aspectos de precária estanqueidade da Face de uma Barragem em CCR, Brasileiras com Face em Concreto Vibrado (??!!) Convencionalmente (CVC) nos anos 1999-2000

Figura 06-06- Aspecto da deposição de calcário na Região do Pamukale-Turquia

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**



Figura 06-07-Barragem de Miyagase (Japão) terminada em 2001. Tem 155m de altura, 400m de crista e 1.600.000 m³ de CCR, com face em CVC, evidenciando ausência de infiltrações



Figura 06-08-Barragem de Urayama (Japão) terminada em 1999. Tem 156m de altura, 372m de crista 1.600.000 m³ de CCR, com face em CVC, evidenciando ausência de infiltrações



Figuras 06-09- Projeto Hoover, construído nos anos 30. Vista geral de 2011 e o aspecto interno de galerias



Figuras 06-10 Barragem de Beydag e CCR com face usando Pré-moldados com manta de PVC (interna), construída em 2007, na Turquia



Figuras 06-11 Barragem de Cindere em CCR com face usando Pré-moldados com manta de PVC (interna), construída em 2004, na Turquia

7 –PROJETO

Uma evolução interessante decorrente do Projeto, é a possibilidade do emprego do CCR para barragens em Arco (quer seja cilíndrico ou com dupla curvatura).

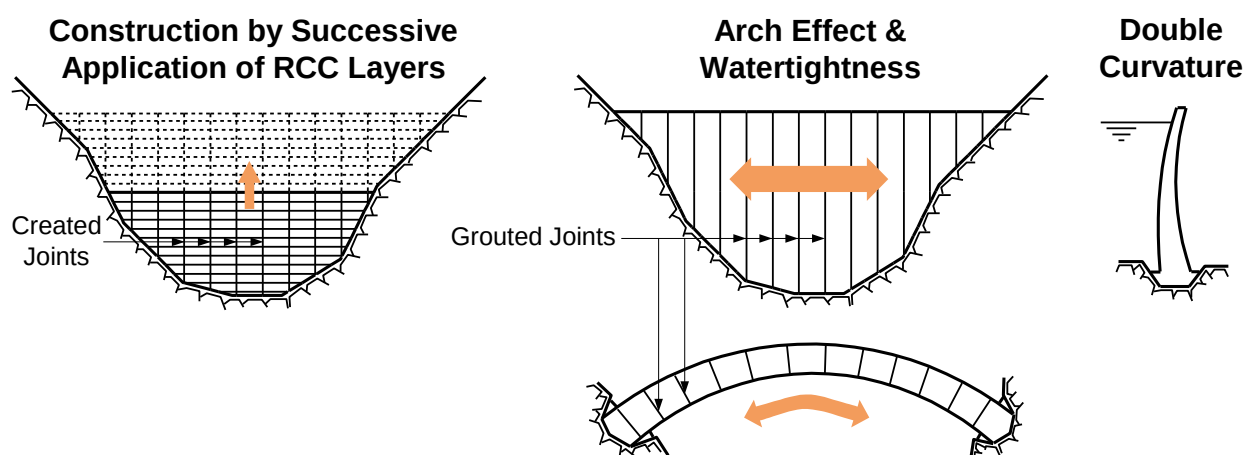


Figura 07-01 Princípios básicos para a Barragem Arco em CCR [65]

Para um melhor entendimento dessa possibilidade fêz-se uma avaliação prática durante a construção da UHE Picada, utilizando parte da barragem para avaliações do processo.



Figura 07-02- Idealizadores dos Estudos [65]

As principais características das barragens de arco, que são:

- a formação de uma geometria otimizada para a(as) curvatura(as),
- o tratamento das juntas horizontais para garantir o adequado monolitismo entre as sucessivas camadas de concretos (cisalhamento e estanqueidade);
- a formação de juntas transversais (montante jusante) para atuar de forma monolítica antes reservatório de captação, a fim de dar o efeito arco para a estrutura;
- a tecnologia de concreto, considerando a resistência à compressão necessária e o aspecto térmico para considerar o monolitismo.

O projeto da estrutura permanece praticamente inalterado, com impacto limitado sobre o comportamento estrutural e facilidade de manutenção da barragem durante a operação.

A oportunidade de realizar um programa de verificações extensivo sobre o processo de construção de barragem arco STOD RCC ocorreu em 2004, no âmbito da barragem de gravidade de CCR de Picada no Brasil, de um hidrelétrico da VOTORANTIM^[65], que permitiu que a barragem fosse ligeiramente modificada para incorporar as avaliações práticas. A barragem com 27 m de altura, o comprimento de crista 97 m e os volumes de CCR de cerca de 13.000 m³ e CVC cerca de 4.000 m³.



Figura 07-03-Vista geral da barragem da UHE Picada durante a construção

A seção de verificação foi de 30 m atravessado o vale, e 9 m de altura (30 camadas CCR, cada uma com 30 cm de altura), incorporada na metade inferior do corpo da barragem, como ilustrado na Figura 07-04. De particular interesse é a pequena saliência curvada na face de montante, que foi introduzida no projeto para avaliar a dupla curvatura. O volume total de CCR empregada na verificação foi de 4.300 m³.

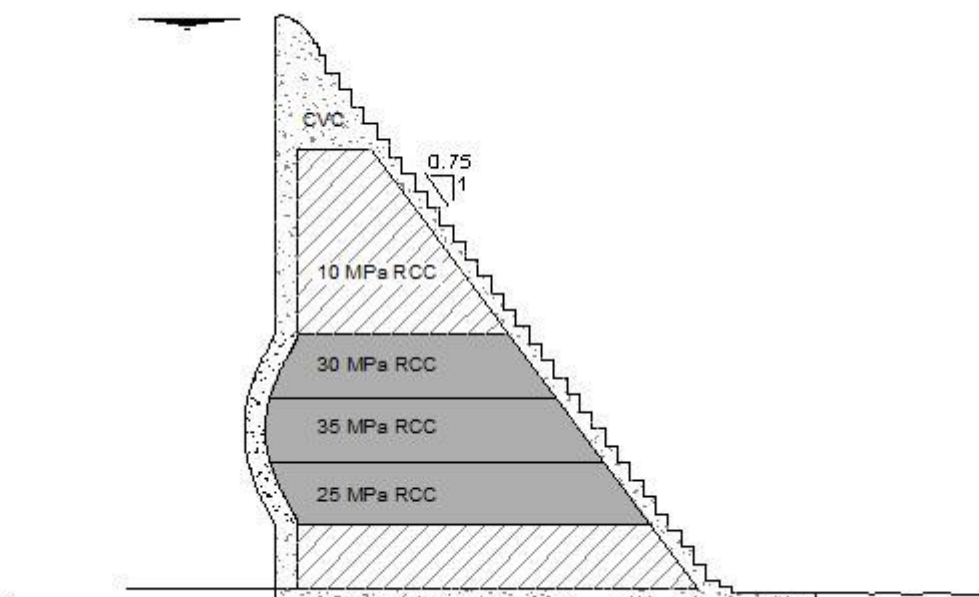


Figura 07-04-Seção adotada para as avaliações na Barragem da UHE Picada-2002/2003



Figuras 07-05-Vistas do sistema de formas e da conformação da Junta de Contração Chavetada, na Barragem da UHE Picada-2002/2003

Das avaliações pode-se mencionar que é um método de construção econômica aplicando RCCR para construção de barragem em arco. A grande vantagem do método é adaptar as características da tecnologia CCR existente, para as exigências específicas de concepção e construção de barragens de arco e não o contrário, ou seja, comprometer as principais características das barragens de arco com as características próprias do CCR. O método passa ser competitivo, permitindo significativa redução de custos e também economia de tempo. A logística deve ser adequadamente projetada e avaliada com antecedência, como o processo de construção deve ser rápido para ser bem sucedido.

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**

Algo análogo foi aplicado nos ajustes da Barragem da Hidrelétrica de Cerro del Aguila, no Peru.



Figuras 07-06-Vistas da Barragem e da conformação da Junta de Contração Chavetada, na Barragem da UHE Cerro del Águila- Peru-2014-2015

8- PLANEJAMENTO

Esse um ponto vital, onde reside, ainda, um maior número de erros e falhas. A visão simplista e às vezes incipiente, são vetores em uma técnica que se consubstancia pela Rapidez.



Figura 08-01- “Esquecimento” de colocação de veda junta” em uma junta de contração de Barragem construída em CCR, no Brasil- 2000



Figura 08-02-Vista da Injeção da cortina junto ao pé de montante, eliminando a galeria usualmente adotada para essa finalidade, em barragem de CCR terminada, no Brasil em 2008. Essa situação deve ser muito bem avaliada cronologicamente



Figuras 08-03-Adoção de junta de contração, próxima a uma junta de construção do CVC de Face, que poderia ser solucionada com um Planejamento. Obra construída no Brasil em 2009



Figura 08-04- Falta de planejamento na metodologia de uso de formas para o talude de jusante de Barragem construída em CCR, no Brasil- 2008



Figura 08-05- Falta de planejamento e cuidado na metodologia de instalação do veda junta na face de montante, além de inadequada vibração do CVC da face. em Barragem construída em CCR, no Brasil- 2004

9- GALGAMENTOS

Os Projetos onde se previu galgamentos, a partir das avaliações iniciais como no Projeto de Salto Caxias, e outros de menor porte no Sul do Brasil, estabelece vantagens técnicas e de custos nos aproveitamentos.



Figuras 09-01-Vistas durante a construção de Salto Caxias, no Brasil em -1997, preparada para permitir o galgamento.



Figuras 09-02-Vistas durante a construção da Barragem de Zirdan-Iran -2005, preparada para as enchentes decorrente das Monções.

Deve-se comentar, entretanto, que tem ocorrido número exagerado de galgamentos (do tipo 5 a 6 vezes em uma mesma obra), que evidentemente levam a custos não previstos e a conflitos e a desequilíbrios cronológicos físico-econômicos-financeiros.

10- PRODUÇÃO E MANUSEIO

10.1- Produção e Transporte

Na produção e transporte do CCR, prepondera:

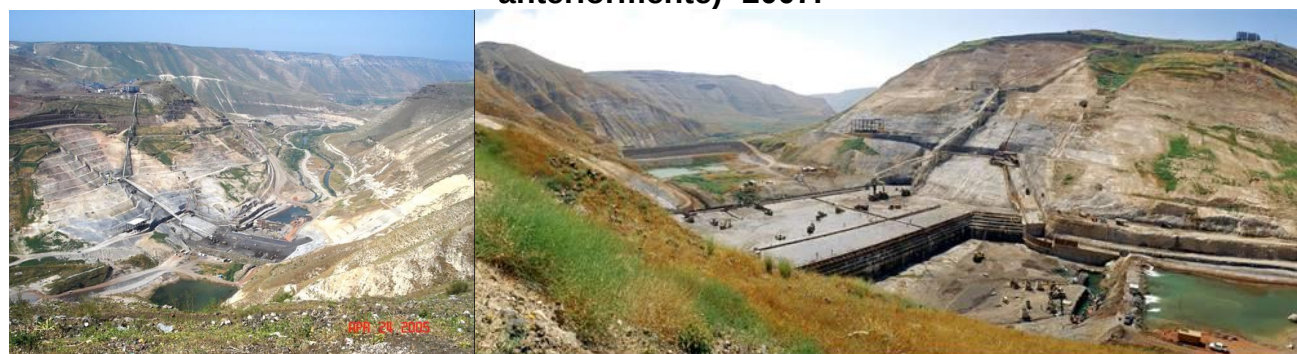
Tema	Internacionais	Brasil
Produção do CCR	Misturadores Forçados	Misturadores Forçados
Manuseio	Todo com correias (“All Conveyor”)	Caminhões Basculantes
	Correias e Caminhões	
	Chute e Caminhão	

O uso de caminhões basculantes praticados no Brasil, decorre das dificuldades (logística e custos) para importação de equipamentos.

Entretanto as Construtoras Brasileiras em obras no exterior, têm utilizado sistemas de alta capacidade de manuseio, como o caso de correias – no Sistema **All Conveyor**- adotado em Miel I- Colômbia, e anteriormente no Projeto Huites, no México, construído em 1995, em concreto massa convencional.



Figuras 10-01-Vistas do sistema de beneficiamento de agregados e de produção do CCR em Beydag-Turquia, utilizando uma única faixa granulométrica (já mencionado anteriormente)- 2007.



Figuras 10-02-Vistas do sistema de manuseio o CCR na barragem de Al Wehdah-Jordânia-Síria em 2006, utilizando correia transportadora desde as centrais de produção até o distribuidor para os caminhões na praça de lançamento.

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**



Figuras 10-03-Vistas do sistema de manuseio o CCR na Gibe III na Etiópia em 2014 (Cortesia do Eng. Kootaro Sawada), utilizando “all conveyor” desde as centrais de produção até ao próprio local de colocação, na barragem



Figuras 10-034-Vistas do sistema de manuseio o CCR na Gibe III (Cortesia do Eng. Kootaro Sawada), utilizando “all conveyor” com final distribuição pelo “Crawler Placer”)



Figura 10-05-Vista próxima ao término da construção de Gibe III- em dezembro 2014



Figura 10-06-CCR manuseado por Correia-Chute-Caminhões Basculantes na praça da Barragem- Aplicação Inédita em Capanda –Angola- em 1990



Figura 10-07-Vista do chute adotado para manuseio do CCR em Jeghin-Iran-2004



Figuras 10-07-Vistas do chute adotado para manuseio do CCR Cerro del Aguila-2014

Nos anos 50-60 os ex-soviéticos, foram grandes usuários para ou manipulação do concreto através de chutes. Desde os anos 70 durante a construção de Ilha Solteira (em 1972) incorporou-se esta metodologia de construção, para concretos massa com Dmax de até 152mm. A partir disso registraram-se marcas de altura e volume. O diâmetro destes tubos têm variado de 120mm até 500mm.



Figuras 10-08-Vistas adicionais do Chute adotado na Barragem de CCR do Projeto Hidrelétrico de Cerro del Águila-Peru-2014



Figuras 10-09-Vistas de manuseio de CCR através de caminhão basculante, desde a central de produção até a colocação no corpo da barragem, tomando o cuidado para a limpeza do sistema rodante- Barragem Beydag- Turquia- 2007

10.2- Controle de Temperatura

O aspecto do controle de temperatura nas barragens de CCR tem as seguintes abordagens:

Tema	Internacionais	Brasil
Controle de Temperatura	Genericamente as especificações requerem a necessidade independente do consumo de aglomerante	Não se usa

Decorrente dos baixos consumos de aglomerantes, e dos espaçamentos das Juntas de Contração, o CCR é lançado, no Brasil, à Temperatura Ambiente, chegando nas regiões mais quentes, do País, ao redor de 32°C.



Figura 10-10-Vista do sistema de refrigeração –aspersão de água gelada na correia transportadora dos agregados- na obra de Al Wehdah em CCR- Jordânia/Síria- 2006.

10.3- Espalhamento e Altura de Camadas

O aspecto do espalhamento e altura e camadas nas barragens de CCR tem as seguintes abordagens:

Tema	Internacionais	Brasil
Altura de camadas	No anos 2013 e 2014, tem ocorrido tendências de usar camadas de altura 400mm, com em Gibe, na Etiópia	300mm
Espalhamento	Tratores de lâmina Frontal com potência entre 90 e 150HP e peso entre 8 e 17t (equivalentes ao D4 ao D6). Em algumas situações (dimensões das praças) tem-se adotado também, máquinas niveladoras com potência de cerca de 170HP e peso ao redor de 20t.	Idem ao Internacional

A opção de usar camadas de 400mm são citadas recentemente, nas Referências^[66 e 67]

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras 10-11-Aspectos de espalhamento do CCR em camadas de altura 300, utilizando trator de lâmina frontal (“Bulldozer”) e Moto Niveladora (“Motor Grade”) na barragem de Beydag-Turquia- 2007

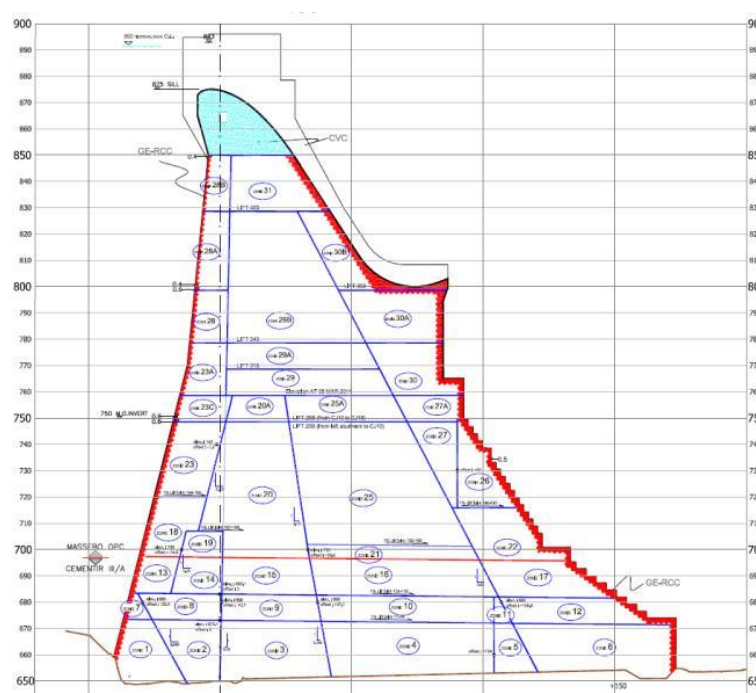


Figura 10-11-Aspecto do zoneamento de classes de CCR, na barragem de Gibe III- Etiópia (Cortesia do Eng. Kootaro Sawada)- 2014

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)

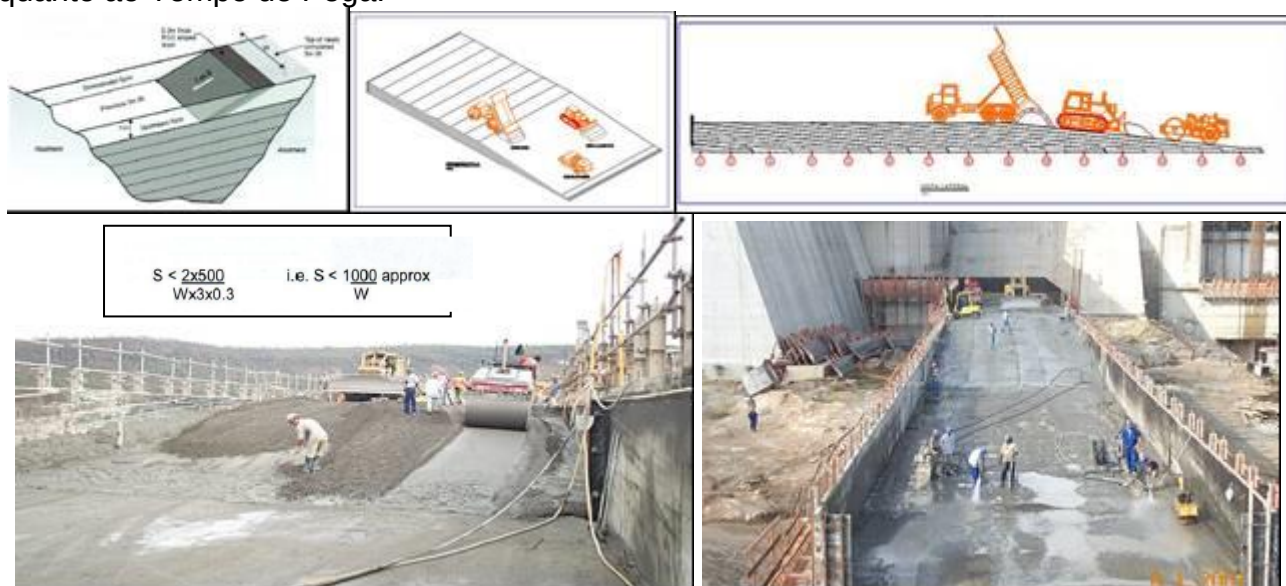
RCC MIX DESIGNS LIST

Date	MIX ID	TAFD	PASTE CONTENT	MORTAR CONTENT	P/M RATIO	CEMENT		Ignimbrite Powder	AG1		AG2		Csand		Ignimbrite Sand	
		kg/m³	%	%	%	Origin	kg/m³	kg/m³	%	kg/m³	%	kg/m³	%	kg/m³	%	kg/m³
30-Nov-11	TC-093A	2-Jan-00				Cementir	70	95	24	525	21	459	52	1137	3	66
	TC-095A	2.487				Cementir	90	95	24	519	21	454	52	1125	3	65
	TC-079A	2.484				Cementir	105	100	24	513	21	449	52	1112	3	64
	TC-098A	2.482				Cementir	120	100	24	508	21	445	52	1101	3	64
7-Jun-12	TC-095B	2.5				Cementir	90	80	22	478	19	424	54	1181	5	112
	TC-079B	2.497				Cementir	105	85	22	473	19	419	54	1167	5	111
	TC-098B	2.494				Cementir	120	90	22	468	19	414	54	1154	5	109

Date	Layer	Elevation	Chainage	No of Pass	Mix No	T.A.F.D.	Wet Density	Depth	Density	Average Density	1600 results	
01/nov/14	Lift 402	801,94	537,50	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,389	35	97,6	97,4		
01/nov/14	Lift 402	801,94	537,50	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,371	25	96,8			
01/nov/14	Lift 402	801,94	537,50	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,393	10	97,7			
01/nov/14	Lift 402	801,92	506,18	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,359	35	96,3	96,4		
01/nov/14	Lift 402	801,92	506,18	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,383	25	97,3			
01/nov/14	Lift 402	801,92	506,18	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,341	10	95,6			
01/nov/14	Lift 402	801,99	440,40	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,383	35	97,3	97,5		
01/nov/14	Lift 402	801,99	440,40	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,408	25	98,3			
01/nov/14	Lift 402	801,99	440,40	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,373	10	96,9			
01/nov/14	Lift 401	801,60	436,86	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,391	35	97,6	96,7		
01/nov/14	Lift 402	801,94	537,50	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,363	25	96,5			
01/nov/14	Lift 402	801,94	537,50	Zone 29B	TC-148F(70kg/m ³)	2,449	2,353	10	96,1			
01/nov/14	Lift 401	801,60	436,86	Zone 29B	TC-149F(90kg/m ³)	2,449	2,391	35	97,6	96,7		
01/nov/14	Lift 401	801,60	436,86	Zone 29B	TC-149F(90kg/m ³)	2,449	2,363	25	96,5			

Figuras 10-12-Dados técnico das classes de CCR, e do controle de compactação de camadas com altura 400mm (medidos a diversas profundidades) na barragem de Gibe III-Etiópia (Cortesia Eng. Kootaro Sawada)

Em algumas construções tem sido adotado o procedimento de camadas “Rampadas” (*Slope Layer Method*)^[68]. Deve-se salientar que isso não é novidade, pois grandes obras de concreto massa convencional já utilizavam desse procedimento nos anos 1970-1980, no Brasil, como em Itaipu e Tucuruí. Isso permite trabalhar o concreto com maior folga quanto ao Tempo de Pega.



Figuras 10-13-Esquemas do lançamento do CCR em rampas.

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figura 10-14-Aplicação inicial de concreto massa convencional em rampas, no Bloco H-12/13-C- em Itaipu- 1977/1978



Figuras 10-15-Aplicação de concreto massa convencional em rampas, em Blocos do vertedouro de Tucuruí 1982



Uma opção metodológica adotada em barragens de CCR, para o convívio seguro com possíveis defesas ao galgamento, é construir o maciço em rampa de modo a otimizar os volumes necessários para atingir determinadas alturas, como normalmente se adota na construção de barragens de enrocamento com face (“CFRD”). Essa alternativa foi adotada em Capanda, Angola- 1991, em Cindere-Turquia-2003 e em Zirdan- Iran-2005.



Capanda – Angola- 1991



Cindere – Turkey



Figuras 10-16-Execução de barragem de CCR em rampa como usado nas barragens de “CFRD”.

10.4- Compactação e Adensamento das Faces

A prática de compactação do CCR, praticamente se mantém a mesma, resumindo-se:

Tema	Internacionais	Brasil
Equipamento para Compactação do CCR	Rolos vibratórios liso, simples ou duplo com peso ao redor de 10t, com frequência, amplitude e velocidade de translação controlados para que sob determinado número de passadas atinja a densidade requerida, para a dosagem estabelecida	idem
Adensamento da Face	A rotina tem variado em função do custo da mão de obra, disponibilidade de equipamentos e tipo de face adotada (GE-RCC, ou CVC)	Vibradores de imersão para o CVC



Figuras 10-17-Compactação do CCR e adensamento do CVC de Face com vibrador de imersão



Figuras 10-18-Adensamento do Grout Enriched RCC (GE-RCC), com vibradores de imersão operados manualmente ou acoplados a máquinas^[68]



Figuras 10-19-Aplicação e Adensamento do Grout Enriched RCC (GE-RCC), por vibroacabadora^[68]

10.5- Execução da Junta de Contração

A prática de moldagem da Junta de Contração no CCR, praticamente pode resumir-se ao seguinte:

Tema	Internacionais	Brasil
Execução da Junta de Contração	Ferramentas vibratórias acopladas em lanças de retro-escavadeiras e/ou carregadeiras	Na maioria, usa-se gabarito metálico ou de madeira para a colocação de manta plástica, retirando o gabarito logo antes das primeiras compactações
Face	Gabaritos metálicos ou de madeira compensada	idem



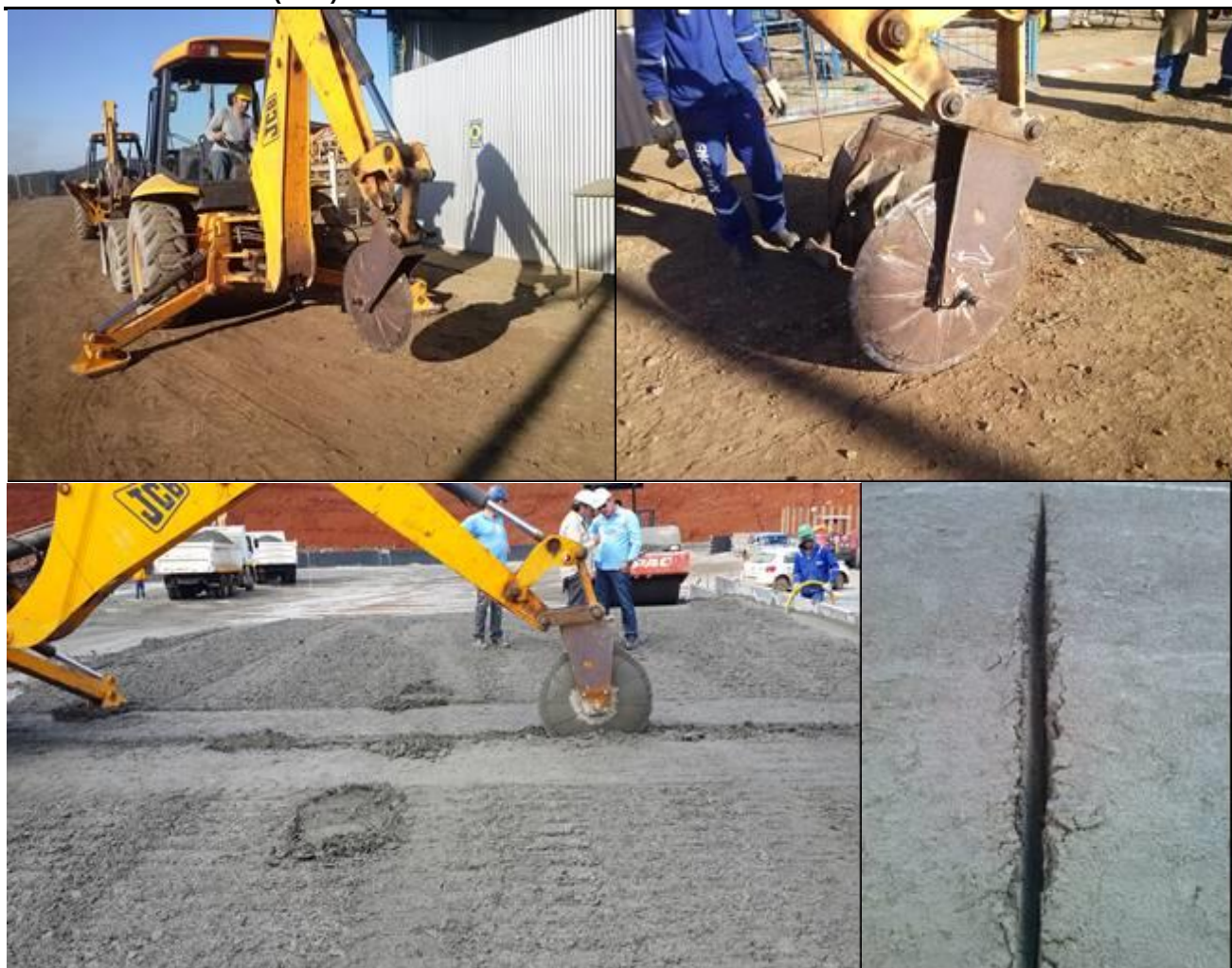
Figuras 10-20- Sequência de moldagem da Junta de Contração, através da inserção de lâmina vibratória, e posterior de filme plástico, na Barragem de Beydag- Turquia- 2007



Figuras 10-21- Moldagem da Junta de Contração, através da inserção de lâmina metálica com auxílio de ferramenta Manual (rompedor vibratório)- Zirdan-Iran- 2007

Figuras 10-22- Moldagem da Junta de Contração, através da colocação de placa de madeira juntamente plástico e retirada da placa de madeira – Salto Caxias-Brasil- 1997

Recentemente um dispositivo começou a ser utilizado, acoplado a uma carregadeira (desenvolvida pelo Sr. A. Figueroa, na UHE São Roque), como se ilustra.



Figuras 10-23- Dispositivo utilizado recentemente na UHE São Roque- 2014
(Cortesia Eng. Marcelo Protz)

10.6- Proteção e Cura

A prática usual para a proteção durante a colocação do CCR e no período de cura, praticamente pode resumir-se ao seguinte:

Tema	Internacionais	Brasil
Proteção durante a colocação	Nebulização através de espingarda de água-ar ou nebulizadores	Idem
Cura	Aspersores manuais ou fixos ou fumigadores tipo agrícola	Idem



Figura 10-24- Nebulização durante as atividades de lançamento, espalhamento e compactação do CCR- Cindere-Turquia-2004



Figuras 10-25- Cura do CCR- com nebulizador manual e fixo em Beydag-Turquia-2007



Figura 10-26- Cura com nebulizadores agrícola tipo trator fumigador- Salto Caxias- Brasil- 1998



Figura 10-27- Cura com nebulizador Longtan- China-2007

10.7- Tratamento da Superfície das Juntas de Construção

Esse é um tema vital, que como a seleção do tipo da face, pode causar prejudicar o desempenho das barragens, principalmente em regiões sísmicas. De maneira geral as rotinas englobam:

Tema	Internacionais	Brasil
Tratamento da Superfície- Uso de Retardadores	Tendência em Países com CCR usando retardamento dos Tempos de Pega.	Não adota
Tratamento da Superfície- Uso de Argamassa	Prática adotada no Japão e Turquia	Usa-se em cerca de 25% da área
Tratamento da Superfície- Somente Limpeza	Regiões não Sísmica com seção maior que H: V 0,8:1,0	

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)



Figuras 10-28- Preparo da superfície da Junta de Construção do CCR, com a retirada de material solto por jato de ar úmido a baixa pressão e lavagem da superfície- Beydag-Turquia-2007



Figura 10-29- Tratamento do superfície da Junta de Construção do concreto de face, com “corte-verde”- Beydag- Turquia-2007

Figuras 10-30- Aplicação de “argamassa de berço” imediatamente antes do CVC de Face e do CCR- Beydag- Turquia-2007

O tema de tratamento das juntas de construção das barragens de CCR tem sido debatido amplamente sob a ótica do desempenho das barragens, do que recomenda-se considerar duas avaliações contemporâneas de referências ^[69 e 70]



Figura 10-31- Preparo do superfície da Junta de Construção do concreto de face, com “corte-verde”- Estudo do Corps of Engineers- USA Army- 2002 ^[69]

Figuras 10-32- Aplicação de “argamassa de projetada” Estudo do Corps of Engineers- USA Army- 2002 ^[69]



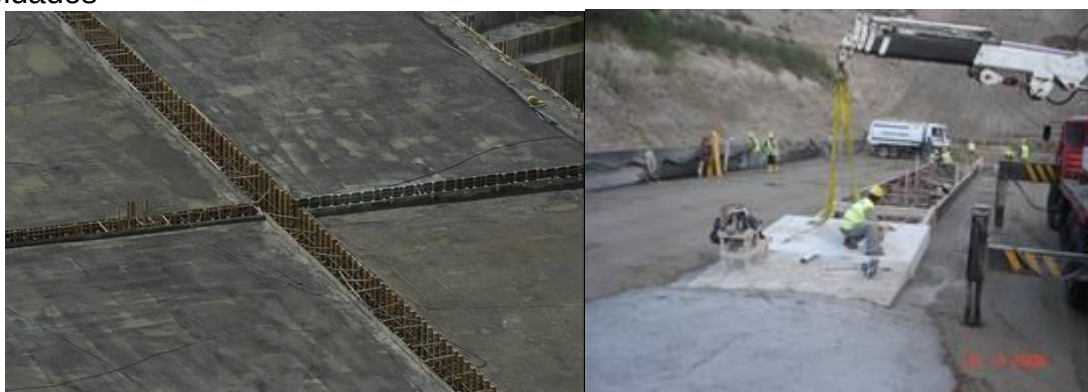
Figura 10-33- Vista geral das atividades de execução da concretagem na barragem de Beydag- Turquia- 2007



Figura 10-34- Vista em detalhe da interface do CVC e CCR, devidamente nivelados, adensados e acabados- as atividades de execução da concretagem na barragem de Beydag- Turquia- 2007

10.8- Galerias e Poços

Na maioria das construções de barragens em CCR, a moldagem das galerias tem sido feita através do uso de formas convencionais nas paredes e elementos de concreto pré-moldado. Os poços de escadas e acessos tem sido executados com elementos, também, pré-moldados



Figuras 10-35- Moldagem das laterais das galerias com formas usuais e cobertura com pré-moldados na barragem de Beydag- Turquia- 2007

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**



Figuras 10-36- Poços e galerias moldadas sendo cobertas com pre-moldados, bem como o aspecto interno após completada, na barragem de Beydag- Turquia- 2007

Uma alternativa que foi proposta recentemente^[68] é a conformação da galeria através de uso de máquina de abrir trincheira, como se ilustra a seguir.



Figuras 10-37- Conformação de galerias pelo uso de máquina “valetadeira”^[68]

11- DESEMPENHO DAS BARRAGENS DE CCR

11.2- Aspectos Relevantes

A menos de falhas isoladas, decorrentes de outros aspectos, como ao ocorrido em Camará- Brasil (em 2004) o foco das atenções passa por dois pontos básicos, possibilitando percolações

Tema	Internacionais	Brasil
Seleção do Tipo da Face e execução da mesma	Os vários tipos e procedimentos adotados, evidencia que há uma fragilidade nos conceitos para a seleção	Maioria em CVC, e as vezes adensado inadequadamente
Seleção do Tipo de tratamento da superfície das juntas de construção e execução do mesmo	Os vários tipos e procedimentos adotados, evidencia que há uma fragilidade nos conceitos para a seleção	Usa-se argamassa em cerca de 25% da área



Figura 11-01- Ruptura da fundação rochosa sob a barragem de Camará- Brasil- 2004

Esse tema de desempenho das barragens em CCR é abordado em duas referências internacionais ^[70 e 71]

Traduzido de^[70]

“...Embora muitos profissionais entendam que a face em concreto convencional atue como elemento de estanqueidade, isso somente é válido se cada camada de concreto convencional for colocada, sobre uma superfície tratada e seja vibrado ...

.... Um método, atual, para a face de montante e jusante é o da calda adicionada ao RCC (GE-RCC). Na realidade, o procedimento foi adotado iniciado nos primeiros dias de RCC, mas naquela época as misturas de CCR eram tipicamente “magras e

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**

seca” para que trabalhasse e ocorresse a interpenetração. Nos últimos dez anos, mais ou menos, tem sido uma opção viável com a tendência atual com misturas mais úmidas, mas que não funciona bem se o conteúdo total de aglomerante do CCR for inferior a 100 kg/m³ ou se a mistura for seca....

...Alguns profissionais preferem adicionar a calda na base da camada, outros por cima, e outros preferem injetá-la.... ...Quando executado corretamente, o procedimento resulta em uma face de concreto boa...

....Há muitas abordagens para misturas CCR e projeto. Não há uma maneira única para todas as situações, mas globalmente as barragens de CCR de todos os tipos têm tido um desempenho satisfatório....

Traduzido de ^[71]

...Da barragem de Winchester, a principal lição que aprendi foi que membrana acoplada a painéis pré-moldados provou ser também, um sistema de face efetivo para montante...

...As principais lições aprendidas com o projeto e desempenhos subsequentes dessas oito barragens de CCR da primeira geração nos Estados Unidos são:

- *barragens de CCR devem ter faces de montante suficientemente estanques;*
- *Barragens de CCR devem ter juntas transversais para acomodar o efeito térmico induzido pela contração;*
- *O tamanho máximo do agregado para misturas CCR, secas deve ser reduzido de 75mm a 38-50mm para ajudar a reduzir a segregação;*
- *Argamassa de berço ou misturas de CCR argamassadas em excesso são necessários próximas a face de montante para:*
 - *reduzir a percolação; e*
 - *Aumentar a resistência ao cisalhamento e propriedades de tração das camadas;*
- *CCR pobre ou mal compactado não deve ser exposto em áreas de gelo-degelo;*
- *As condições das fundações precisam ser devidamente abordadas no projeto...*

11.2- Consolidação da Metodologia

A Metodologia de construção de barragens com o CCR, introduzida no Brasil em 1976, ganhou adeptos, consolidou-se como uma prática de “Barragens” em sua preferência de representatividade, fundamentada em extensos, profundos e longos estudos de Laboratório e Aterros experimentais e sem sombra de dúvidas o número expressivo de mais de 100 Barragens construídas no Brasil, atesta a sua validade.

11.3- Expansão do Uso da Metodologia

A atuação crescente dos Projetistas-Consultores, Construtores, Laboratórios, e Profissionais Consultores Brasileiros, no Exterior evidenciam o domínio e a expansão do uso da Técnica do CCR.

O intercâmbio de informações com entidades e empresas de outros Países permitem que o Relator afirme que o Brasil foi um dos Países que mais Estudou as características do CCR. De outro modo, ainda, a dimensão territorial Brasileira, induziu à busca de soluções não convencionais, à criação de alternativas, o que estabeleceu um procedimento de buscar adaptar-se aos problemas e idiossincrasias regionais, sem a necessidade de impor soluções tipicamente importadas ou inadequadas às condições da região.

Esse procedimento facilita, disponibiliza, soluções, estabelece conquistas e, muito mais, abre os olhos dos profissionais e dirigentes na busca de, outras novas soluções, possibilitando reduzir custos e potencializando a realização de novas obras.

11.4- Cuidados e a Necessidade de Manter a Qualidade

No transcorrer desse desenvolvimento do CCR no Brasil, no Mundo, alguns fatos levam a necessidade de chamar a atenção dos Profissionais e Empresas envolvidas, no que diz respeito à Qualidade.

Dentro desse aspecto, várias vezes este Relator tem sido indagado sobre:

 ***O que é mais difícil entender quanto ao uso do CCR?***

E na ótica do Relator, a resposta se traduz:

 ***É fazer entender que o CCR é SIMPLES!***

Entretanto, nessas obras alguns erros ou falhas levaram a uma afirmação adicional:

 ***Você nos convenceu de que o CCR era simples, mas não nos fez entender que deveríamos controlar os detalhes!***

Há uma tendência errônea e descabida, de que o concreto de obras massivas como as de Barragem se destaca pela Resistência dos Corpos de Prova! Dá-se uma importância, apoiada nas **ISO's (International Organization for Standardization's)**, sobre o assunto.

“Bicheira” raramente ocorre em Corpo de Prova!

Controle de Qualidade não é apenas o Registro de Dados! É ação de correção de fatos ou o conjunto de medidas, adotadas antecipadamente para que os erros sejam minimizados!

Então vale indagar:

 ***O que é relevante para atingir a Qualidade de uma Obra de CCR, ou mais amplamente, de Barragem?***

No conjunto de medidas pode-se citar:

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)

- + Embora o CCR seja uma Metodologia de Construção, um Projeto bem “Engenhado” que reduza interferências, que contemple medidas sensatas de Segurança, é bem vindo!;
- + **Especificações Técnicas** – ESPECÍFICAS- e não elaboradas no processo “Copy” e “Paste” considerando o uso dos Materiais locais, Parâmetros e Propriedades REALMENTE Requeridas e não inferidas, também é bastante recomendável;
- + **Planejamento do Empreendimento**- O CCR tem a plenitude de vantagens quando os recursos são realmente adequados para o **Início- Meio e Fim do Empreendimento**! Qualquer Obra desenvolvida no “Pare” – “Siga” foge das previsões!;
- + **Planejamento a Construção**- elaborado por Profissionais EXPERIENTES, que conheçam a diferença do **SIMPLES** e do **NÃO FAZER**, de tal modo a se ter providências precedentes para não ocorrer fatos errôneos ou/ não pensados;
- + Equipamentos não necessariamente sofisticados, mas efetivamente capazes de produzir em tempo e uniformidade os produtos requeridos;
- + Sistema de Qualidade que contemple não só o Registro e Arquivamento de dados, mas, e muito mais, que permita e exerça a análise e sistemática, tomada de ações compatíveis com a dinâmica de construção;
- + Profissionais treinados a fazer com conhecimento e não simplesmente obedecendo ordens!
- + Profissionais que em cada atividade conheçam o que FAZEM e como o que fazem afeta as demais interveniências;
- + Jovens Engenheiros que não fiquem atrás das mesas nos escritórios de Obra, mas que efetivamente cooperem com os Encarregados, Feitores e demais Colaboradores, buscando suportá-los e treiná-los além da suas limitações
- + O treinamento sistemático e a busca de conhecimento privilegiam o desenvolvimento;
- + A busca do **Porque, Quando, Onde, Quanto?**

12- ASPECTOS DE BARRAGENS DE CONCRETO COM OUTRAS METODOLOGIAS

2.1- Apresentação e Objetivo

Neste item abordar-se-á sobre os aspectos de tendências, e chamar-se-á atenção sobre falhas e erros observados nos últimos 30 anos nas construções de barragens e obras complementares.

O artigo: **Aspectos de Metodologias Construtivas Adotadas em Obras de Barragem-Sob a Ótica da Qualidade-Programática-Vantagens- Cuidados**”- ANDRIOLO, F. R. e FRANÇA RIBEIRO, L. E., publicado nos Anais deste encontro, procura debater esse tema, e que se resumidamente se mostra a seguir:

12.2- Formas Deslizantes- Desenvolvimento

O início da aplicação de formas deslizantes para algumas estruturas de hidrelétricas ocorreu na obra da UHE Itumbiara, pela Mendes Júnior em 1978, e simultaneamente em Março de 1978, a mesma equipe, agregando-se ao grupo da UNICON estendeu o uso de Formas Deslizantes para os serviços de concretagem nas estruturas de Desvio em Itaipu

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**

Em sequência, o processo, com a adição de armaduras pré-montadas (prática adotada anteriormente em outras obras do Setor Hidrelétrico Brasileiro), foi ampliado e consolidado, principalmente na estrutura das Casas de Força de Itaipu.

De outro modo também, as Formas deslizantes começaram a ser usadas para a moldagem da Face nas Barragens de Enrocamento (como Foz do Areia- ao redor de Abril/Maio de 1978)

Nos anos 80 durante a construção das UHEs de Tucuruí e Xingo, os processos de pré-montagem, deslizamento e armação foram aplicados amplamente.

A partir dessa época esses procedimentos foram disseminados em construções de hidrelétricas, no Brasil e em outros países (pelas Construtoras Brasileiras). Apesar dessa metodologia estabelecer-se desde o final dos anos 70, não foram criados padrões técnicos adequados sobre os procedimentos, cuidados, exigências, traduzindo-os para especificações técnicas e segurança do trabalho para este processo construtivo.

De outro modo, e contemporaneamente (ao redor da segunda metade dos anos 90, as atenções sobre a minimização do consumo de aglomerante, foram deixadas de lado pelos Concessionários-Construtores, e a prática do Bombeamento de Concretos passou ser privilegiada. Isso tornou-se uma prática vantajosa para os Construtores pois a mobilização-desmobilização de equipamentos simplificou-se, pela disponibilidade desse tipo de equipamento no mercado Brasileiro. Esse procedimento tem suas vantagens inegáveis, entretanto carece de reflexões e cuidados, que se propõe debater nesta publicação.

Os aspectos de Custos e Prazos, inerentes a cada Contrato, ou Conveniência, não são abordados especificamente nesta publicação, mas é importante lembrar que o tipo de remuneração/compensação, bem como os Detalhes e Especificações de Projeto também levam ao Comprometimento das Responsabilidades envolvidas entre as partes envolvidas, e em várias vezes os Autores têm observado que o aspecto da Qualidade e Durabilidade do Bem Público, e aqui exemplificado com as Barragens e Hidrelétricas fica instalado em um terreno virtual ou numa nuvem sem limites.

Entretanto os Autores listam um conjunto de itens que podem ser debatidos com vistas à melhoria de Qualidade, e às Disciplinas Contratuais.

Item	Comentários/ Sugestões
Especificações Técnicas	A maioria das Especificações Técnicas em uso no Brasil (e em várias partes do Mundo) são cópias ou derivações rudimentares das Especificações criadas pelo Bureau of Reclamation (nos anos 50). Não refletem as velocidades atuais e muito menos a disponibilidade de novas metodologias, e muito menos os cuidados que as velocidades podem afetar no produto-concreto. Os detalhes enunciados precedentemente merecem ser avaliados e considerados nas especificações
Avanços Tecnológicos	Desde a década de 70, as disponibilidades de equipamentos de produção, lançamento e adensamento de concreto para grandes volumes, não variaram de forma significativa, excetuando-se a utilização de correias transportadoras, bombas mais modernas e o uso intensivo de recursos de dosagens e controles eletrônicos. Nesse aspecto o debate entre os Construtores e as Entidades Contratantes é conveniente.
Mão de Obra	Os avanços sociais e as legislações com várias e rápidas alterações têm uma contribuição relevante na conformação dos Custos e Preços, e não permitem uma tranquilidade Contratual, levando, não raramente a pleitos e arbitragens

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**

Segurança no Trabalho	Desde meados dos anos 70 verificou-se de modo contundente a preocupação, necessária e conveniente, quanto ao item de Segurança, Medicina e Higiene no Trabalho. Os custos e a remuneração decorrente dessa conquista e obrigatoriedade têm uma flutuação como acima mencionado. Nota-se que a adoção de gabaritos de armaduras pré-montadas, sem cálculos estruturais pertinentes, constitui um risco considerável de acidentes, não levados em conta pelos Setores de SMT das obras que adotam estes procedimentos.
Reparos	Os Reparos Custam? Se custam quais as razões para não buscar minimizá-los, e com isso ter uma otimização de custos (e preços)? Os Reparos Demandam Tempo? E Tempo não é Custo?
Metodologias	Se as metodologias são vantajosas quais as razões para não aprimora-las? Convém manter-se com Bombas de Concretagens com tubulações de diâmetro máximo 11cm, braços articulados de 25 a 30m?
Componentes de Custos	As Metodologias Praticadas ou a adotar, traduzem uma envoltória de condicionantes de custos, do tipo: • Mão De Obra (incidências por tipo de serviços ou fases do mesmo); • Legislação; • Detalhe de Projeto; • Especificações Técnicas Níveis de Qualidade e Responsabilidade; • Desenvolvimento metodológico e disponibilidade de equipamentos; • Consumos de Materiais (permanentes e adicionais estruturais ou provisórios); • Cronologia e Garantia de Uniformidade na Continuidade; • Decorências Cronológicas-Metodológicas- (Refrigeração; Tratamento de Juntas; Pré-montagens; Apoio na execução); • Detalhes dos Recursos para Construção; • Planejamento; • Disciplina, e • Organização

Além dos aspectos acima enunciados, que de modo direto ou indireto, afetam a Qualidade, deve-se chamar a atenção para o Treinamento e o Preparo da Mão de Obra.

12.3- Comentários, Sugestões e Considerações Finais

Na atualidade, há certa “camuflagem” quanto aos Custos Reais de uma Obra Pública.

Ao se ter uma Concorrência ou Convite para a execução de uma Obra Pública pouco se sabe a quem cabe o verdadeiro Custo e o Real Preço.

A ansiedade por construir em menor prazo, quase que constantemente, para cobrir a deficiência de cumprimento ao Planejamento, está levando a se ter obras, com um grande número de **“Não Conformidades”** em várias vezes não anuladas-recuperadas, e com uma quantidade anormal de reparos, que o tempo poderá demonstrar se Duráveis. Questões primárias, quanto ao posicionamento de armaduras, alinhamento, prumo, vibração, tratamento de juntas, posicionamento de armaduras e veda juntas tem causado grande surpresa aos mais experientes, induzindo até a um cenário de retrocesso das metodologias.

Por outro lado a prática atual dos Contratos, com o descompromisso à otimização de armaduras (Projeto e Aplicação), às Propriedades dos Concretos e seus Consumos, e a simplificação pelo uso de bombeamento de concretos, com equipamentos pouco atualizados, está levando a uma ausência de Avanço Tecnológico-Metodológico (e com

**TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)**

isso os Custos serem creditados diretamente ao Cliente), e isso tem sido notado no Empresariamento da Engenharia Brasileira, no âmbito Internacional. Além dos temas específicos abordados neste texto, não se pode deixar de que o assunto deva ser debatido com a profundidade, e precisão, que merece.

13- REFERÊNCIAS

- [01]- RAPHAEL, J.M.- **“The Optimum Gravity Dam- Proceedings of the Rapid Construction Concrete Dams”**- ASCE- Asilomar- California-USA- March-1970
- [02]- CANNON, R.W.- **“Concrete Dam Construction Using Earth Compaction Methods”**- Anáís do Economical Construction of Concrete Dams- Asilomar- California- USA- May-1972;
- [03]- RAPHAEL, J.M.- **“Construction Method for the Soil- Cement Dam”**- Anáís do Economical Construction of Concrete Dams- Asilomar- California- USA- May-1972;
- [04]- Relatórios RC-09/76 e RT- 06/78- da Itaipu Binacional;
- [05] **Year Book 2014**- International Water Power & Dam Construction- United Kingdom- 2014
- [06]- SHIMIZU, S.; TAKEMURA, K.- **“Design and Construction of a Concrete Gravity Dam on a Weak Bedrock”**- Anáís do XIII ICOLD Congres- New Delhi – November 1979;
- [07]- HIROSE, T.; SHIMIZU, S.; TAKEMURA, K.- **“Studies on Construction of Dams by the RCD Method”**- Anáís do Japan Society of Civil Engineers- Tokyo-Japan- 1980;
- [08]- **Multipurpose Dams in Japan- State of the Integrated River Development Projects**- River Development Division- River Bureau- Ministry of Construction- Tokyo-Japan-May-1984
- [09]- ANDRIOLO, F.R.; GOTTARDO, G.; PEÑA D.F.- **“Urugua-i: Uma Barragem em Concreto Rolado”**- Anáís do XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens- Brasília- Brazil- August-1987;
- [10]- ZANELLA, M. R.; BRAGA, J. A.; ROSÁRIO, L. C.; AYALA, A. G. C.; ANDRIOLO, F. R.; GOLIK, M.A. -**“Concreto Rolado – Ensaios Especiais”**, nos Anais do XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brasil, Abril 1989
- [11]- GOLIK, M. A.; ANDRIOLO, F. R. - **“Urugua-i (C.C.R.) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem”**, Anais do XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brasil, Abril 1989
- [12]- BRAGA, J.A.; ROSÁRIO, L.C.; DUARTE, J.D.C.; LACERDA, S.S.- **“Utilização de Finos-Sub-Produto de Britagem nos Concretos Rolado e Convencional”**- XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Foz do Iguaçu- Brazil-1989
- [13]- ANDRIOLO, F.R.; BRAGA, J.A.; ZANELLA, M.R.; ZALESKI, J.M.- **“Uso do Concreto Rolado; Projeto Capanda - Angola; Ensaios Especiais”**- XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens - Aracaju- Brazil-1991
- [14]- ANDRIOLO, F.R.; SCHMIDT, M.T.- **“The Capanda RCC Dam in Angola”**- International Water Power & Dam Construction - February 1992

TEMA 112- PROGRESSOS RECENTES NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO
COMPACTADO A ROLO (CCR)

[15]- KREMPEL, A.F.; CREVILARO, C.C.; PAULON, V.A.- **“Adição de Pó ao Concreto como Fator Econômico e de Durabilidade”**- 34a. Reunião do Ibracon - Brazil-1992

[16]- CARMO, J.B.M.; NASCIMENTO, J.F.F.; FONTOURA, J.T.F.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.- **“Aplicação de Concreto Compactado a Rolo com Adições”**- 35a. Reunião do Ibracon - Brazil-1993

[17]- BLINDER, S. TONIATTI, N.B., KREMPEL, A.F.- **“RCC and CFR Dams - Costs Comparison”**- Análs do International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Santander-Espanha- Outubro/1995

[17]- Relatório CESP- LCEC- Ilha Solteira - C-23-73- **“Verificação de Característica de Concretos Quando Transportados por Esteiras”**- 1973;

[18]- ANDRIOLO, F.R.- **“The Use of Roller Compacted Concrete”**- Oficina de Textos- Rua Augusta 1371- Lj. 107- -1305- 100- São Paulo- Brazil- 1998

[19]- ANDRIOLO, F.R.- **“RCC Brazilian Practices”**- Oficina de Textos- Rua Augusta 1371- Lj. 107- -1305- 100- São Paulo- Brazil- 2002

[20]- ANDRIOLO, F.R - **“Concreto Adensado com Rolo Vibratório- Sugestões para Projeto e Construção”**- . Análs do XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens- Belo Horizonte-MG – Brasil – Novembro/1985

[21]- CORRÊA, N.I.A; CORRÊA, S.F.; CORRÊA, S.F.; CORRÊA, M.F.; SOARES, A.M.; VIANA, M.- **“Rio Descoberto Dam _ “In the Wet” Rehabilitation Technique Permits to Keep the Water Supply in Brasília, Brazil”**, 22nd Annual USD Conference- San Diego, California, June 24-28, 2002

[22]- ROBERT L. DAY- **“Pozzolans for Use in Low-Cost Housing”**- International development Research Centre- Ottawa- Canada- September-1990;

[23]- STANTON, THOMAS E.- **“Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate”**- Transaction ASCE American Society of Civil Engineers- Papers- USA- 1940;

[24]- HANSEN, W.C.- **“Studies Relating to the Mechanism by Which the Alkali-Aggregate Reaction Produces Expansion in Concrete”**- Journal of the American Concrete Institute-Detroit-Michigan- USA- 1944

[25]- HANNA, W.C.- **“Unfavorable Chemical Reactions of Aggregates in Concrete and a Suggested Corrective”** Proceedings ASTM- American Society for Testing and Materials- Pennsylvania, USA- 1947

[26]- STANTON, T.E.- **“Studies of Use of Pozzolanas for Counteracting Excessive Concrete Expansion resulting from Reaction Between Aggregates and the Alkalis in Cement”** - Symposium on Use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concretes- ASTM- Special Technical Publication- Pennsylvania, USA -1950

[27]- VIVIAN, H.E- **“Studies in Cement-The Effect of Small Amounts of Reactive Component in the Aggregate on the Tensile Strength of Mortar”**- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne- Australia- 1950

[28]-VIVIAN, H.E.- **“Studies in Cement-Aggregate Reaction: Effect on Mortar Expansion of the Particle Size of the Reactive Component in the Aggregate”**- Australian Journal of Applied Science- 1951

[29]- POWERS T.C.; STEINOUR H.H. - **“An Interpretation of Some Published Researches on the Alkali-Aggregate Reaction- Part 2- A Hypothesis Concerning Safe and Unsafe Reactions with Reactive Silica in Concrete”**- Journal of the American Concrete Institute- Detroit- Michigan- USA -1955;

[30]-P. BREDSDORFF; G.M.IDORN; A. KJAER; NIELS M. P.; E. POULSEN- **“Chemical Reactions Involving Aggregate”**- IV International Symposium –Chemistry of Cement- Washington-1960;

[31]- QIGHAN, B.; XUEQUAN, W.; MINGSHUI, T.; NISHIBAYASHI, S; KURODA, T; TIECHENG, W.- **“Effect of Reactive Aggregate Powder on Suppressing Expansions Due to Alkali-Silica Reaction”** X International Conference on Alkali-Aggregate Reaction- Melbourne – Australia-1996;

[32]- Rafael IBANEZ DE ALDECOA- **“RCC AS DAM CONSTRUCTION MATERIAL”**- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[33]- Rafael IBANEZ DE ALDECOA; Gonzalo NORIEGA; Francisco ROMERO; Antonio SANDOVAL; Miguel SANZ- **“LIMESTONE FILLER USED AS MINERAL ADMIXTURE IN THE RCC MIX FOR LA BREÑA II DAM (SPAIN)”**- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012;

[34]- Zhao Yunliang, Zhang Chaofeng- **“Practice of High-Intensity Basalt Gravel Aggregate Production System in Guandi Hydropower Station”**- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012;

[35]- TAVARES, M.A.; ORIGA, M.A.; FONTOURA, J.T.F.; HOLANDA, E.R.; PACELLI, W.A.; ANDRIOLO, F.R.- **“Capanda - RCC Dam - 12 Years Quality Control Data”**- Anais do IV International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Madrid- Spain- November- 2003;

[36] ANDRIOLO, F. R.- **O CCR é Suficiente? Ou Vamos Utilizar o Solo-Cimento como Elemento Estrutural na Construção de Barragens?** Anais da 50a. Reunião do IBRACON – Salvador - Brasil- 2008

[37] PCA- Portland Cement Association- **“Soil- Cement Technology for Pavements: Different Products for Different Applications”**- 2005

[38] ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland- Portal: **“Solo Cimento-Aplicabilidade”**- 2014

[39] United States-Department of the Interior- Bureau of Reclamation- **“10-Year Test of Soil Cement Slope Protection for Embankments”**- Denver- Colorado-USA- September 1951;

[40] Earl J. felt; Melvin S. Abrams-**“Strength and Elastic Properties of Compacted Soil-Cement Mixtures”**- PCA- Portland Cement Association- Reprinted by ASTM Special Technical Publication No. 206- 1957

[41] Sgarboza, B.C.; Abdalla Saad, M.N.- **“Relatório de Viagem aos Estados Unidos”**- CESP- 25 de Setembro a 18 de Outubro de 1981- Ilha Solteira-SP-Brasil;

- [42] International Water Power & Dam Construction- Year Book 2013 - United Kingdom- 2013
- [43] SGARBOZA, B. C.; ALMEIDA, S. J.; EUSTAQUIO, J.O.F.; HELLVIG, A.J.; MELLIO, A.- **“Proteção de Taludes com Solo-Cimento- Estudos e Aplicações nas Obras de Porto Primavera e Rosana”**- . Anais do XV Seminário Nacional de Grandes Barragens- Rio de Janeiro Novembro/1983;
- [14] Federal Highway Administration- U. S. Department of Transportation- **“Fly Ash for Highway Engineer- Technology Transfer”**- July-1986;
- [45] Instituto de Pesquisas Rodoviárias- **“Influência da Variação do Teor de Cal em Misturas Pozolânicas”**- 21ª. Reunião Anual de Pavimentação- Salvador- 1986;
- [46] CESP- Ilha Solteira- **“Estudo de Misturas de Solos e Aglomerantes como Alternativa para a Construção de Barramentos”**- Relatório LEC-E-07/94- 1994;
- [47] ANDRIOLO, F.R.; OLIVEIRA, P.J.; SALLES, F.M.-**“Soils & Cementitious Materials- A Technical Option for Use as a Structural Element for Dams”**- . Anais do International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Santander- Spain – Outubro- 1995;
- [48] Tadahiko Sakamoto- **“Current Activities on Construction and Management of Dams in Japan”**-1991;
- [49] YANG Zhao-hui; HAO Qi-xing; FU Xiang-ping; CHEN Wan-min; FU Chang-sheng- **“Study on CSG dam construction technique and its application to Daotang Reservoir Project”**- Guizhou Provincial Water Conservancy & Hydroelectric Survey Design & Research- China-2004;
- [50] Öncü Polat & Nejat Demirörs- **Beydag RCC Dam – Design Philosophy to Simplify The Construction”**- Anais da 50a. Reunião do IBRACON – Salvador - Brasil- 2008
- [51] U.S. Bureau of Reclamation -**Carta do Bureau of Reclamation ao eng. Francisco Rodrigues Andriolo- com Fotos sobre o Reservatório de Bonny**- 18 de julho de 2008;
- [52] Zaniar Tokmechi- **“Structural Safety Studies of Kahir Dam in Iran”**- Middle East Journal of Scientific Research- 2010
- [53] Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE -**“Simpósio Brasileiro de Solos Arenosos”**- SBSA, Presidente Prudente- SP-Brasil- Outubro de 2014
- [54] Hirose, T.; Fusisawa, T.; Nagayama, I.; Yaoshida, H.; Sasaki, T.- **“Design Criteria for Trapezoidal-Shaped CSG Dams”**- ICOLD Workshop- Dresden- 2001;
- [55] **“Currents Activities on Dam in Japan”**- Japan Commission on Large Dams- 2002;
- [56] Hanada, H. & Tamezawa, T.- **“CSG Method Using Muck Excavated From the Dam Foundation”**- Roller Compacted Concrete Dams- Congress Spain 2003;
- [57] Hirose, T.; Fusisawa et ALII- **“Design Concept of Trapezoidal-Shaped CSG Dam”**-Roller Compacted Concrete Dams- Congress Spain 2003;
- [58] Hirose, T.; Fusisawa et ALII- **“Concept of CSG and its Material Properties”** – Roller Compacted Concrete Dams- Congress Spain 2003;

[59] “**Sabo Dam Made of Soil Cement (INSEN Method) in Shishinoe Valley**”- Sabo Department – Yamaguchi Prefectural Department- 2005;

[60] T.; Fusisawa et ALLI- “**Material Properties of CSG For Seismic Design of Trapezoidal Shaped CSG Dam**”- 13th World Conference on Earthquake Engineering- Vancouver, B.C.; Canada August-2004;

[61] Yunfeng Peng- “**Study on Structural Characteristics of CSG Dam**”-College of Hydraulic & Environmental Engineering- China Three Gorges University- 2014.

[62] lia linsheng, Zheng Cuiying. Ma Fengling.Xu Yao- “**Studies on Cemented Material Dam and its Application in China**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[63] Wu Xiurong, Chen Zhenhua and Un Shengzhu- “**New Progress of Cement-Sand-Gravel Damming in China**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[64] FENG wei HA jinsheng MA Fenging- “Study on design of mixing proportion for cemented sand and gravel (CSG)”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[65]- Claude BOSSONEY; Jean-Louis COMTESSE ; Laurent MOUVET; Alexandre WOHNLICH; Walter AJEJE; Franciso Rodrigues ANDRIOLO- “**INNOVATIVE CONSTRUCTION METHOD FOR ARCH DAM – THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACHES OF THE STOD METHOD**”- Vingt-deuxième Congrès des Grands Barrages- Barcelona, Spain2006

[66]- Peler BUCHANAN; Damian NON; Bassam EGAILAT; Brian FORBES- “**THE USE OF 400 MM RCC LIFTS IN THE ENLARGED COTTER DAM**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[67]- Li Songhui Zhang Guoxin Liu Yi; “**Influence of Different Layer Thickness and Intermittent Time on High Ree Gravity Dam Temperature Stresses**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[68]- Brian A. FORBES- “**INNOVATIONS OF SIGNIFICANCE AND THEIR DEVELOPMENT ON SOME RECENT RCC DAMS**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[69]- John R. HESS-“**RCC Lift Joint Strength**”- American Concrete Institute- Concrete International- January/2002

[70]- Ernest Schrader- “**PERFORMANCE of RCC DAMS**”- 6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS Zaragoza, 23 - 25 October 2012

[71]- Kenneth D Hansen- “**Lessons from the past**”- International Water Power and Dam ConstructionInternational Water Power and Dam Construction- November 2008

ANEXO- LISTA DE BARRAGENS BRASILEIRAS COM USO DE CCR- JANEIRO/2015

APLICAÇÕES DE CCR EM BARRAGENS EM VOLUME DE MAIOR OU MENOR PARTE					
#	Nome	#	Nome	#	Nome
1	Acauã	36	Itaocara	71	Rio da Dona
2	Alto Irani	37	Jararaca	72	Rio da Prata
3	Angelina	38	João Leite	73	Rio do Peixe
4	Arvoredo	39	Jordão	74	Rio São Bento
5	Bandeira de Melo	40	Henrique Kotzian	75	Rondinha
6	Barra do Coqueiros	41	Juba I	76	Rosal
7	Barra de Guabiraba	42	Juba II	77	Saco de Nova Olinda
8	Belo Jardim	43	Jucazinho	78	Salto
9	Belo Monte	44	Lajeado	79	Salto Caxias
10	Bertarello	45	Lavrinha	80	Santo Antonio
11	Cachoeira Grande	46	Linha	81	Santo Antonio do Jari
12	Cana Brava	47	Ludesa	82	Santa Clara
13	Candonga	48	Major Gercino	83	Santa Cruz do Apodi
14	Canoas	49	Malhada das Pedras	84	Santa Laura
15	Caraíbas	50	Maranguapinho	85	Santa Rosa
16	Castanhão	51	Marco Baldo	86	São Gonçalo
17	Caçu	52	Mauá	87	São José
18	Caju	53	Moínho	88	São Roque
19	Castro Alves	54	Monte Claro	89	São Sebastião do Alto
20	Corredeira do Capote	55	Negreiros	90	São Simão
21	Corrente Grande	56	Ouro	91	Serra da Mesa
22	Cova da Mandioca	57	Passagem de Trairas	92	Serra dos Cavalinhos II
23	Cotiporã	58	Passos Maia	93	Serra do Facão
24	Cristalândia	59	Pedras Altas	94	Serra Preta
25	Dona Francisca	60	Pedra do Garrafão	95	Serro Azul
26	Ernesto J. Dreher	61	Pelo Sinal	96	Sinop
27	Esmeralda	62	Peixe	97	Sítio Trairas
28	Estreito	63	Pesqueiro	98	Taquarembó
29	Fundão	64	Pezzi	99	Teles Pires
30	Gameleira	65	Picada	100	Três Marias
31	Guilman Amorin	66	Pindobaçu	101	Tucuruí
32	Ibirama	67	Pirapama	102	Umari
33	Igarapeba	68	Plano Alto	103	Usina Velha
34	Ilha	69	Ponto Novo	104	Val de Serra
35	Itaipu	70	XIV de Julho	105	Várzea Grande
OBRAS DE BARRAGEM COM INFORMAÇÃO INCONSISTENTE SOBRE O USO DE CCR OU DE INÍCIO					
I	Jubinha 2	IV	Manopla	VII	Itiquira II
II	Jubinha 3	V	São João da Barra	VIII	Sao Pedro
III	Juba 4	VI	Itiquira I		