

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira



AAFC
Associação dos
Aposentados da
Fundação CESP



PET/Elétrica
Programa de Educação
Tutorial - MEC/SESu

A Direção da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Ilha Solteira e a Associação dos Aposentados da Fundação CESP, convidam para o

I CICLO DE PALESTRAS E EXPOSIÇÃO SOBRE ENERGIA
"Desafios Tecnológicos e de Recursos Humanos na Construção das Usinas Hidrelétricas Jupia e Ilha Solteira e Novas Perspectivas no Setor Energético"

10 de agosto de 2007, às 8:00 horas
Casa da Cultura de Ilha Solteira
(Praça dos Paiaguás s/n)

<http://www.dce.feis.unesp.br/pet/cpenergia/>



PALESTRA 3

"DESAFIOS TECNOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL DAS USINAS"

Iº. CICLO DE PALESTRAS E EXPOSIÇÃO SOBRE ENERGIA (I CPENERGIA)

**UNESP- Universidade Estadual Paulista-
Campus de Ilha Solteira- Faculdade de Engenharia**

10 de Agosto de 2007

**Desafios Tecnológicos e de Recursos Humanos
na Construção das Usinas Hidrelétricas Jupiá e
Ilha Solteira e Novas Perspectivas no Setor
Energético**



Bento Carlos Sgarboza & Francisco Rodrigues Andriolo

INDICE**RESUMO**

- A- APRESENTAÇÃO
- B- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À BARRAGEM CONCRETO: PROCESSOS EXECUTIVOS E MATERIAIS
- C- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À GEO-MECÂNICA DAS ROCHAS
- D- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À GEOTECNIA E MECANICA DE SOLOS
- E- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À AUSCULTAÇÃO
- F- AGRADECIMENTOS
- G- REFERÊNCIAS

Palavras Chave:

Cimento, Pozolana, Diatomito, Meta Caolin, Cinza Volante, Calor de Hidratação, Refrigeração, Álcalis Agregados, Aspecto Térmico, Propriedades do Concreto, Juntas de Concretagem; Planejamento;

RESUMO

Este informe procura registrar o conhecimento desenvolvido através da CESP, grandemente à época das construções das **UHE's Jupiá e Ilha Solteira**, e a conseqüente disseminação de tecnologias e metodologias, no cenário da Engenharia Nacional, não só no aspecto de Técnicas Laboratoriais, mas como nos Conceitos de Projetos, Planejamento, Construção e Supervisão de Obras, e até no Desenvolvimento de Normas e Procedimentos.

Não se pode deixar de nominar Profissionais que, exemplar e dedicadamente, cooperaram e deixaram marcas profundas nessas atividades, e que se fazem lembrar no transcorrer deste texto e/ou da respectiva apresentação.

Entretanto os Autores são da opinião de que muito mais do que as tecnologias, técnicas, metodologias e outros desenvolvimentos, o mais importante que a CESP proporcionou foi:

A maneira DE PENSAR GRANDE, na proporcionalidade, na magnitude, no risco, nas causas e conseqüências que os Problemas se apresentassem ou pudessem se apresentar!

ADMINISTRAR NAS ADVERSIDADES! DECIDIR!

Os Autores não podem deixar de destacar o aspecto relevante do PET- Programa de Educação Tutorial da FE-UNESP, visando ampliar os conteúdos programáticos e proporcionar a melhoria da qualidade acadêmica.

A iteração do cenário acadêmico com o da Vida Profissional Cotidiana, através deste ambiente de Palestras e Mostras, muito mais ainda, propicia condições favoráveis a adequação da visão dos jovens, aos problemas e particularidades da realidade Brasileira.

A condição dos Palestrantes, que quase como uma exceção no Universo de Profissionais Brasileiros, são Autores de Livros e Publicações Técnicas, permite trazer palavras de incentivo e desafios aos Jovens e Futuros Engenheiros no sentido, e na obrigação, de Registrar sistematicamente o fatos, os desafios, as vitórias e as derrotas.

Sigam em frente!!!

A- APRESENTAÇÃO**Corriam os anos 60!**

A Mídia restringia-se aos Jornais, ao Radio (na maioria dos locais através das Ondas Curtas) com Notícias predominantemente do Rio de Janeiro, Capital da República! Televisão e Geladeira eram confortos de poucas famílias. Máquinas de lavar roupa e louça, nem pensar!

E daí?

Quem sabia sobre Reações Álcalis Agregados, Cimento de Baixo Calor de Hidratação; de Aços de Alta Aderência, de Desenvolvimento das Propriedades do Cimento ao longo da idade, e das propriedades dos concretos, dos agregados?

Quais seriam as decorrências do Histórico Térmico do Concreto? Concreto "Gelado"?

O que significaria Capacidade de Alongamento?

E Tratamento de Junta?

Findava o Ano de 1969, ao redor de 15 a 20 de Dezembro, quando estivemos pela primeira vez no **COMPLEXO HIDROELÉTRICO DE URUBUPUNGA**, para podermos avaliar as condições do convite para trabalhar na CESP!



Alguns dias depois, estivemos nos Escritórios da CESP, no Conjunto Nacional, em São Paulo, e posteriormente, no dia 06 de Janeiro de 1970, estávamos sendo "fichados" pela CESP, na Obra de Ilha Solteira.

Nesse dia, durante a Visita Técnica às instalações Industriais, e aos "Blocos" (que era isso?), este autor, dentro do caipirismo e insipiência de conhecimento, ao ver a dimensão dos caminhões, da britagem, da fábrica de gelo (que isso?), olhando os caminhões com pneus de quase 2m de diâmetro

perguntou ao Eng. Responsável pelo Laboratório, que posteriormente se tornaria em nosso 1º. Chefe:

... "e essa tal de Camargo Corrêa, é uma "Testa de Ferro" de alguma empresa Americana..?.."

Ao que nos foi Respondido:

- Não! É uma Empresa Construtora Brasileira!!

Ao regressar aos escritórios comecei a refletir e simplesmente deixei de lado, uma oportunidade de ir trabalhar na IBM, e duas outras opções de tornar-me professor na área de Estrutura da EESC-USP, nas cadeiras de Concreto ou Metálicas.

O Que Mudou? O Que Evoluiu?

Muito! E decorrente dessa evolução o Brasil passou a ser líder Mundial no cenário da Construção Civil de Obras Pesadas, principalmente Barragens e Hidrelétricas.

E alguns fatos serão lembrados a seguir!

Mas o mais importante:

Estabeleceu uma prática para a DECISÃO!

O que sucedeu, ao nosso ver, foi um período em que tivemos uma Pós- Graduação, Mestrado e Doutorado, cooperando nas Grandes Obras Brasileiras!

A primeira tarefa, no Laboratório da CESP em Ilha Solteira, foi desenvolver os Métodos de Ensaio e em particular, implantar o Ensaio de Aderência Concreto-Aço, através do que os Autores realizaram mais de 2000 ensaios, resultando na elaboração de um Método de Ensaio, hoje inserido nas NBR-ABNT.

Nesta apresentação não se pode deixar de citar a menção feita pelo Prof. Paulo Cruz, em **1996**^[01]:

"...As décadas de 60 e 70 foram pródigas em obras hidrelétricas, permitindo que o Brasil se desenvolvesse e chegasse onde está. Na década de 80, houve uma redução dos investimentos em hidrelétricas, e a menos que se invista maciçamente de imediato, a crise energética virá, abalando pelas raízes uma das dez primeiras economias Mundiais. Que Deus se lembre que é Brasileiro..."

...Foi nessa época que o IPT, em convênio aberto com a CESP, iniciou e implantou uma revolução tecnológica em ensaios de laboratório e de campo, e métodos de investigação nas áreas de Mecânica dos Solos, Mecânicas das Rochas, Tecnologia do Concreto e Geologia de Engenharia. Daí surgiram, nas décadas seguintes, o LEC da CESP, os Laboratórios especializados do IPT, e os Laboratórios de Tucuruí e Itaipu..."

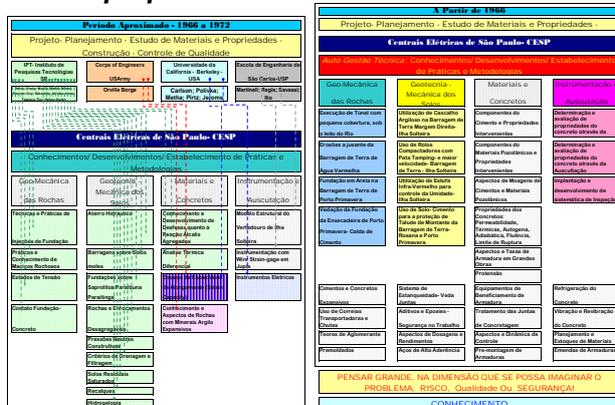
E decorrentemente da **Boçalidade Perene**, da Administração Pública, o que sucedeu (ao Início do Novo do Século!) quase todos (não todos, pois ficou escuro, para alguns!) viram? **Foi o APAGÃO!!**

O **Gerenciamento do Saber**, é uma coisa muito séria e que não se pode desperdiçar, nem jogar fora!

Há a necessidade de armazená-lo, e disseminá-lo, como se propõe aqui fazer.

Pode-se ressaltar, nesse desenvolvimento proporcionado pela CESP, na área da Engenharia Civil, dois períodos que de certo modo se interficiaram, a saber:

- ❖ **O Período do Convênio CESP-IPT**, e;
- ❖ **O Período de Auto-Gestão Técnica da própria CESP**



B- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS BARRAGEM DE CONCRETO: PROCESSOS EXECUTIVOS E MATERIAIS

B.1- Tecnologia dos Materiais

B.1.1- Componentes do Cimento e Propriedades Intervinentes

A pouca oferta da Indústria Cimenteira, durante a década de 60, e o prognóstico mais desfavorável, para a década de 70, fizeram a CESP providenciar-se para a importação de Clinquer (à época avaliou-se clinquer e cimentos mexicanos, e do leste europeu), e consequentemente ter domínio dos componentes dos cimentos e as inter-relações com as propriedades dos cimentos e dos concretos, tanto no que se referia às resistências, como geração de calor, durabilidade e comportamento a longo prazo^[02 a 15].



B.1.2- Componentes dos Materiais Pozolânicos e Propriedades Intervinentes

O pioneirismo da CESP foi marcante no conhecimento e domínio do uso de Materiais Pozolânicos, e que infelizmente se comprova hoje, pelo desprezo de algumas outras Concessionárias, do Setor Elétrico a esse conhecimento, que à época consideravam um "luxo técnico" o uso de Material Pozolânico. A História tornou-se implacável quanto a esse desprezo técnico, visto às ocorrências de expansões devido à Reação Álcalis Sílica.

A CESP com intuito de preservar tecnicamente a Durabilidade dos concretos usados em suas obras, executou profundos e amplos estudos sobre diversos Materiais Pozolânicos (Argila Caolínica-Calcinada; Diatomitos, Cinzas Volantes)^[16 a 24].

B.1.3- Aspectos de Moagens de Cimentos e Materiais Pozolânicos Fabricação da Pozolana

De modo a atender a demanda de cimento na construção do **Complexo de Urubupunga (Jupiá e Ilha Solteira)**, a CESP primeiramente teve produções de clinquer especial (com baixo teor de álcalis) na Fábrica de Cimento Itaú, em Corumbá-MS, e posteriormente instalou os Moinhos de Cimento e Pozolana, a partir da Calcinção de Argila^[02, 25 a 37].

Contemporaneamente há no mercado materiais pozolânicos denominados por "Meta-Caolin" (META-Mudança, Alteração Térmica) que praticamente se traduzem em versão modernizada da Pozolana de Argila Caolínica Calcinada.

B.1.3- Diatomito como Material Pozolânico.

Como alternativa técnica e cronológica, a CESP estudou e utilizou "Terras Diatomáceas", coincidentemente como Diatomito (ou popularmente "Pó de Mico") em concretos^[16].

B.1.4- Fabricação de Cimento Pozolânico

Decorrente desse domínio do uso do material pozolânico, da sua inter-relação e reação, com os componentes dos cimentos, influenciou-se na produção e comercialização do Cimento Portland Pozolânico, pelas fabricas tradicionais.

A demanda desse cimento que nos anos 60 inexistia, nos anos 70 era inferior a 3% ao total de todos os tipos de cimento, passou na década de 80, à cerca de 8%, e cerca de 10% nos anos 90 [www.cimento.com.br].

B.1.5- Fabricação de Cimento de Elevada Finura

É importante citar que à época (1970) o Cimento comercializado era produzido com uma Finura Blaine em torno de 2.400-2.600 cm^2/g e que a CESP produzia o cimento com uma Finura ao redor de 3.500 cm^2/g , decorrente das pesquisas, do Laboratório, que demonstraram que esta finura era técnica e economicamente mais vantajosa.

Posteriormente, para a obra de Porto Primavera a CESP utilizou cimento pozolânico com 5.000 cm^2/g de Finura Blaine^[31].

E, além disso, decorrente do processo de moagem, nas instalações de Jupia, através da captação pelos coletores, utilizou-se cimento de elevada Finura para atividades de Injeção de Fundação^[32].

Atualmente esse tipo, específico, de cimento é conhecido e comercializado como Micro-Cimento.

B.1.6- Cimentos e Concretos Expansivos

No objetivo de minimizar etapas de construção o Laboratório de Concreto, e implementar qualidade, estudou e aplicou cimentos e concretos expansivos, em injeções e em pré-enchimento de blindagens^[38 a 42].

B.1.7- Calda com Expansor e Temperatura Controlada (Gelada)

Os estudos laboratoriais realizados antes dos trabalhos de Protensão mostravam vários problemas da exsudação e sedimentação das caldas de injeção, bem como na "longevidade" (tempo para manuseio e injeção). Havia, na época uma tendência de se adotar agentes expansores para minimizar a segregação, o que amainava parte do problema. Este procedimento tinha como inconveniência que alguns aditivos poderiam atacar a armadura e, também, o pouco tempo para executar a injeção, caso contrário o aditivo perderia sua eficiência, além do custo do aditivo. Um verdadeiro "ÔVO de COLOMBO"^[43 a 45], foi estabelecido pelo Laboratório, com a adoção e caldas produzidas à baixa temperatura, pois encontrou-se uma calda que atendia os limites de exsudação sem aditivos, que poderiam atacar a armadura, e com tempo para injeção bem maior que a calda com expansor.

B.1.8- Aspectos da Reação Álcalis Agregados

No transcurso do convênio CESP-IPT, procurou-se conhecer e estabelecer defesas técnicas quanto ao comportamento expansivo de argamassas e concretos decorrentes da Reação da Sílica dos Agregados e os Álcalis dos cimentos^[32; 46; 47].

Esses estudos e avaliações colocaram o Brasil como o terceiro País Americano a ter conhecimento e

estabelecer defesas com intuito de minimizar os efeitos expansivos da reação.



Entretanto, ainda, e até hoje há Entidades Públicas Brasileiras que sofrem desses danos, devido ao desprezo a esses conhecimentos.

B.1.9- Rochas com Argilo-Minerais

Da interface com o Convênio e com o Corps of Engineers, a CESP começou utilizar "Olson" Test (Exposição ao Etileno Glicol) para avaliar a sanidade das rochas com argilo-minerais expansivos para uso como agregados e enrocamentos^[48 a 54].



Decorrente desses estudos iniciais, outras avaliações se sucederam, culminando com estudos para aceitação de parte desses agregados, nos concretos^[55], e que possibilitaram, contemporaneamente um melhor aproveitamento das rochas escavadas.

B.1.10- Aditivos e Epoxies - Segurança no Trabalho

O ciclo de grandes obras de infra-estrutura no Brasil, motivou, também, as Empresas de Aditivos, que passaram a ofertar aditivos e epoxies para a modificação de propriedades dos concretos, bem como materiais sintéticos para reparos.

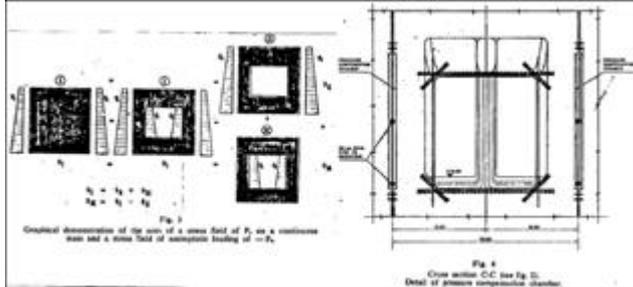
O Laboratório de Concreto da CESP, iniciou, então o estabelecimento de critérios de aceitação e práticas de manuseio, que pouco a pouco se tornaram de domínio geral^[56 a 64].

Decorrente desses estudos e práticas estabeleceu uma das primeiras exigências quanto à Higiene e

Segurança no Trabalho, com uma rotina de cuidados para manuseio de materiais epoxídicos^[65], em 1968.

B.1.11- Aderência Armadura-Concreto

O trabalho conjunto CESP-Projetista (à época THEMAG) levou ao interesse de se utilizar barras de aço de Alta Aderência, com Coeficiente de Aderência $\eta \geq 1,8$, para as armaduras das estruturas em concreto armado, de Ilha Solteira^[66 e 67].



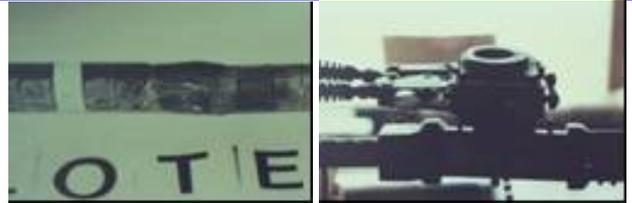
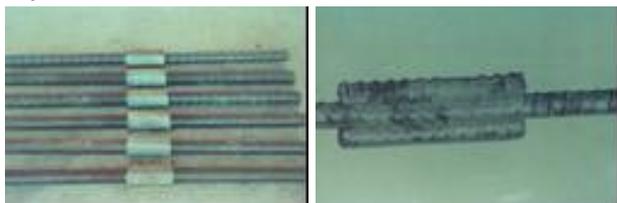
A ausência de metodologias sedimentadas sobre o assunto levou estes Autores a realizar mais de 2000 ensaios de aderência em barras desde 16mm até 50mm de diâmetro, o que resultou em reuniões com o **Prof. Lobo Carneiro** e no desenvolvimento de um Método Brasileiro, sobre o assunto^[68 e 69].



B.1.12- Emendas de Armaduras e Especificação de Aços para Concreto Armado

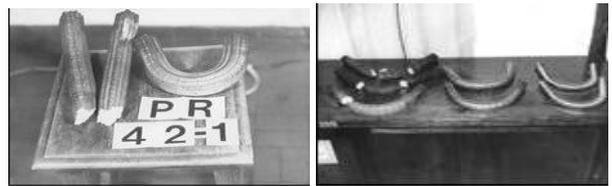
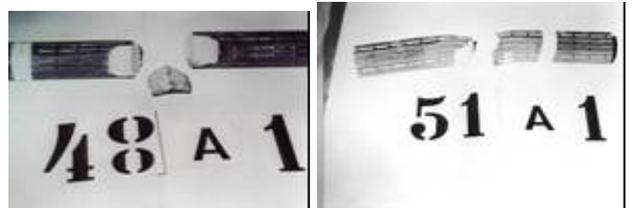
O manuseio de uma grande quantidade de armadura (mesmo se considerando o caráter massivo do Projeto de Ilha Solteira) levou à necessidade de racionalizar métodos e processos.

Um dos aspectos foi o das emendas de armadura, que para reduzir o consumo de aço devido aos transpasses, induziu ao Laboratório de Concreto em conjunto com a Camargo Corrêa (e contando com apoio de conhecimento de metalurgia e técnicas de soldagem, dos engenheiros da Tenenge), desenvolver práticas de emendas de armadura^[70 a 75].



O conhecimento estabelecido sobre esse assunto, levou também estes Autores a criarem uma Especificação e um Método de Ensaio (ABNT) para avaliação e aceitação de Emendas Metálicas^[76].

Os rígidos critérios de aceitação de materiais, adotados pela CESP em suas Obras, induziram ao Laboratório de Concreto a verificar os conceitos normativos, levando a se fazer ajustes em Normas Brasileiras, como ao que se fez na (antiga) Norma EB-3, através de ensaios de dobramento^[77 e 78].



O uso dos aços de alta aderência, associados aos dobramentos, e a respectiva criticidade, levaram necessidade de realizar provas de carga em estruturas (ver item E mais à frente), para comprovar a ductilidade dessas barras.

B.1.13- Sistema de Estanqueidade- Veda Juntas

A pressão hidrostática da coluna d'água, nas Juntas de Contração do Barramento das Barragens, induziu, também, à preocupação quanto às características geométricas e propriedades dos elastômeros constituintes dos Veda-Juntas de P.V.C.



Vários estudos foram realizados no Laboratório, resultando, também, na cooperação no desenvolvimento de Normas da ABNT para

Especificação e Métodos de Aceitação desses produtos, sendo que até ensaios de Serviço Simulado foram realizados^[79 a 81].

B.1.14- Estudos de Materiais para Forma

Dentro do espírito e conceito estabelecido pela CESP, de que Fiscalização não é uma administração e Punições, mas sim e muito mais uma atitude e ***Não Deixar Errar***, a CESP sempre orientou sobre a conveniência de cooperar com os Construtores e Montadores no sentido de, também, auxiliá-los no Desenvolvimento.

Assim se estabeleceu e o Laboratório de Concreto cooperou com a Camargo Correa, entre outras coisas, no desenvolvimento de Formas^[82 e 83].



B.2- Tecnologia dos Concretos

B.2.1- Aspectos de Dosagens e Rendimentos

De certo modo os Profissionais sentiam o “Cartel” da Industria Cimenteira, e os reflexos do ***CIP***, nos aspectos de Custos dos Cimentos. E dentro desse cenário a maneira que via-se que a melhor maneira de buscar economia nos concretos as Obras era:

- ❖ Conhecer as Propriedades dos Concretos ao Longo do Tempo (idade);
- ❖ Trabalhar junto à Projetista para transladar as idades de Controle, para **180 e 365** dias;
- ❖ Garantir, através das ações de Inspeção, os aspectos de Durabilidade dos concretos, durante a execução.

Um extenso e profundo trabalho de pesquisa e estudos foi desenvolvido pelos vários colegas do Laboratório, com apoio do Prof. Dr. ***Roy Carlson e Lewis Tuthill***, com a intenção de obter informações sobre dosagens e propriedades dos concretos, principalmente massivos.

Rotinas de dosagens foram estabelecidas, abolindo-se dogmaticamente o linguajar do Traço 1:2:3, e derivações. Começou-se a propagar^[84] a linguagem do Volume Sólido.

Logo após introduziu-se o conceito de “Eficiência de Mistura”, que facilitou sobremaneira a comparação das diversas Dosagens e das Respectiveas Propriedades. As Dosagens das novas obras da

CESP começaram a ter uma doutrina mais didática e abrangente^[85 e 86].

B.2.2-Teores de Aglomerante

O conhecimento das propriedades dos concretos levou a se utilizar dosagens nos Concretos Massa, como a ***Mistura 152-ET-22*** usada no interior do Vertedouro de Ilha Solteira, com **63Kg/m³ de Cimento e 21Kg/m³ de Pozolana de Argila Calcinada**.

B.2.3- Propriedades dos Concretos

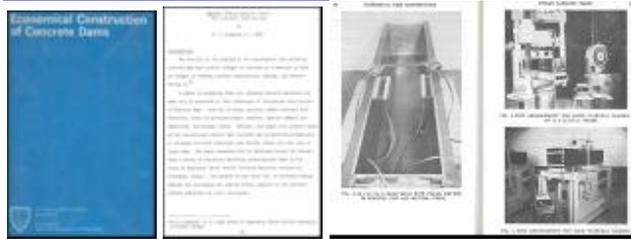
A busca da otimização do teor de aglomerante fundamentou-se no domínio das diversas propriedades do concreto fresco e endurecido, com atuação pioneira do Laboratório da CESP. Estudos e pesquisas se desenvolveram para conhecer^[87 a 98]:

- Aspectos da Incorporação de Ar nas Propriedades do Concreto Fresco (Trabalhabilidade, Pega e Exsudação) e Endurecido (Resistência e Permeabilidade)
- Aspectos das Propriedades Elásticas (Módulo, Fluência, Capacidade de Alongamento, Limite de Ruptura, Ruptura Triaxial);
- Propriedades Térmicas (Adiabática, Calor Específico, Coeficiente de Expansão, Difusividade, Condutividade)



O objetivo era o de conhecer essa propriedades ao longo do tempo, tendo havido casos de ensaios com mais de 2 anos e duração

Decorrente desses estudos, e das características dos agregados de ágata e calcedônia (que levam a elevados Coeficientes de Expansão Térmica, elevada Difusividade e Baixa Capacidade de Alongamento) o Corps of Engineers (CoE USArmy) começou a adotar o Ensaio de Capacidade de Alongamento^[99].



B.2.4- Aspectos Térmicos e Refrigeração do Concreto

Sem dúvidas alguma, o domínio dos Aspectos Térmicos dos concretos, nas obras Brasileiras, decorreu das ações e pragmatismos técnicos da CESP.

A necessidade de aplicar grandes massas de concreto em tempos relativamente curtos induziram a CESP, avaliar tecnicamente os aspectos de geração de calor e os métodos e processos de minimização do decorrente panorama e fissuração de origem térmica^[03; 04; 07; 09; 100 a 104].

Decorrente disso uma prática se estabeleceu nas obras massivas, Brasileiras^[105].



B.2.5-Vibração e Re- vibração do Concreto

O domínio e as vantagens técnicas e de melhoria de qualidade e durabilidade do concreto decorrente da vibração e re-vibração, decorreram, de estudos e pesquisas da CESP^[106].

B.2.6-Tratamento das Juntas de Construção

A CESP, além dos aspectos Tecnológicos e Metodológicos, sempre buscou assegurar a Qualidade decorrente da aplicação de métodos processos.

Decorrente disso, foi a primeira Entidade Brasileira, a efetuar ensaios de avaliação dos métodos de Tratamento das Juntas de Construção (Juntas de Concretagens)^[107 a 109].



B.3 - Aspectos Associados ao Projeto e Controle

B.3.1- Aspectos de Especificações Técnicas e Dinâmica de Controle

As Especificações Técnicas de Materiais, Equipamentos e Serviços, começaram a ter uma conformação de Documento Contratual, servindo para expressar parâmetros de Qualidade^[110 e 111].

Isso decorreu de ação da CESP sobre a Projetista, que passo a passo recebeu a responsabilidade de transformar o **Pensamento** (Projeto) em **Realidade** (a Obra).

Disso também resultou a implantação, em particular, através dos Autores e uma Dinâmica de Controle para Obras de Barragens.

Isso resultou de várias discussões entre os autores, que buscavam responder à seguinte pergunta:

— **De que vale saber sobre a Resistência do Concreto, 28 dias após o seu lançamento, quando uma grande quantidade de concreto já foi colocado sobre o mesmo?**

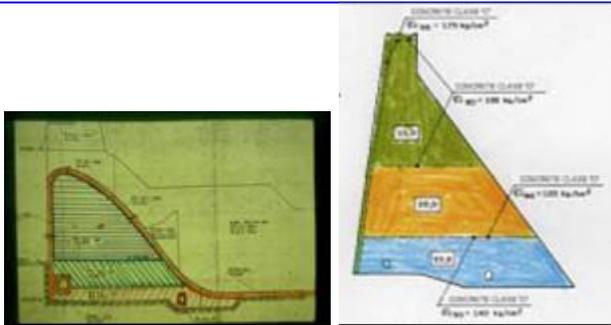
Esse debate levou a implantação do Controle de Uniformidade durante a Produção, que buscou garantir a produção de concretos Uniformes, minimizando as dificuldades na colocação e que por si só já garantiam a obediência dos Parâmetros Especificados.

Esse tipo de Controle foi, paulatinamente, adotado pelas demais Empresas do Setor Elétrico^[112 a 114].

B.3.2- Zoneamento das Classes de Concreto nas Estruturas.

Com base nas práticas dos Projetos do CoE US Army e as recomendações do Prof. Dr. **Carlson**, a CESP adotou em Ilha Solteira, através da Projetista, um Zoneamento das Classes de Concreto nas várias estruturas da Obra^[05].

Além disso (e somente a partir dos anos 90, é que outros Países começaram a adotar) estimulou o emprego de Controle de Resistência (f_{ck}) à idades de **180 e 365 dias**^[05].



As Projetistas, sob a influência da CESP, passaram a rever o conceito de Armadura Mínima, preconizado nas Normas de Estruturas, sendo que passou-se adotar Blocos de Barramento de Concreto, **SEM ARMADURA**.

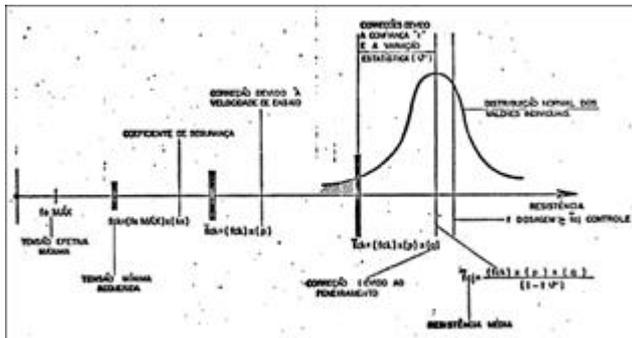


B.3.3- Critérios de Controles Estatísticos, e Definições dos Fatores de Segurança

O conhecimento das diversas propriedades dos concretos, as respectivas evoluções ao longo do tempo, levaram a CESP em conjunto com as Projetistas, reverem os parâmetros de Controle e de Fatores de Segurança^[112 a 115].

B.3.6- Aspectos de Projeto e Controles de Erosão em Zonas a Jusante das Estruturas.

A atuação da CESP, particularmente, Área de Instrumentação do Laboratório, foi bastante oportuna no estabelecimento de cuidados nos maciços rochosos a jusante das estruturas de vertedouro^[116].



B.3.7- Aspectos de Projeto e Minimização de Erosão em Circuitos Hidráulicos

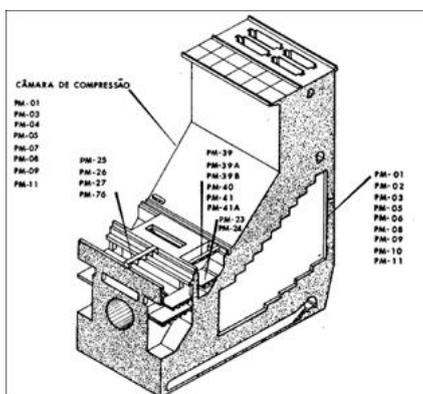
Em decorrência do citado no item B.3.6, passou-se a estabelecer cuidados para minimizar as erosões nos circuitos hidráulicos, principalmente nas estruturas de vertedouro^[116].

B.3.4- Câmaras de Compensação e Pressão

Com intuito de balancear os esforços nos circuitos hidráulicos bem como minimizar os aspectos de fissuração, **CESP e Themag** implantaram o conceito de Câmaras de Compensação de Pressão^[67]. Esse conceito disseminou-se pelas várias Projetistas e Projetos Hidrelétricos Brasileiros



Essas avaliações foram, a partir de 1974, adotadas por uma grande maioria das Empresas do Setor Elétrico Brasileiro



B.4- Práticas e Equipamentos de Construção

B.4.1- Planejamento e Estoques de Materiais.

As Práticas de Planejamento e de Controle de Estoque de Materiais começaram ser implantadas e se tornaram rotinas nas obras de barragens^[117 a 121].

B.3.5- Faces de Barramentos e Soleiras de Vertedouro - Sem Armadura

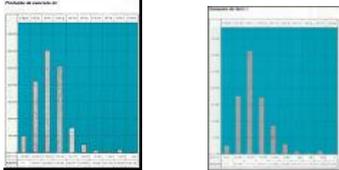
B.4.2- Tanques Classificadores de Areia

A busca de uniformidade e qualidade dos agregados levou à adoção dos Tanques Classificadores de Areia no Sistema de Produção de Agregados de Ilha Solteira.



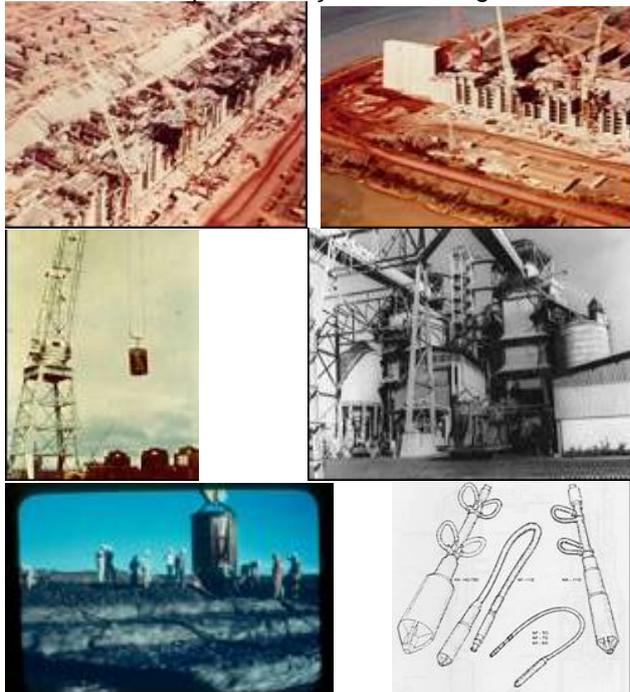
B.4.3- Manuseio do Concreto – Caçambas de Grande Volume; Guindastes Portuários-Vibradores de Grande Bitola

A produção e colocação de concretos a taxas mensais superiores a 70.000m³ (em Jupia) e a 120.000m³ (em Ilha Solteira) induziram a um trabalho conjunto CESP- Camargo Corrêa, com a intenção de se adequar às obras com equipamentos e condições adequadas a essas produções.



Resultaram o emprego de:

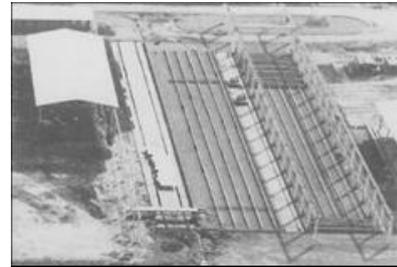
- Guindastes Portuários para o Lançamento de Concreto e para Serviços de Montagem



- Caçambas para 3m³ de concreto;
- Vibradores de Grande Bitola (150mm de Diâmetro)

B.4.4- Equipamentos de Beneficiamento de Armadura

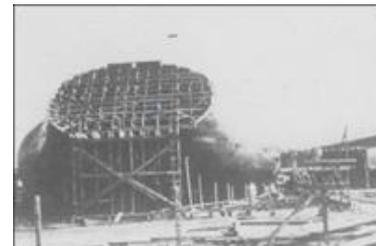
A produção e colocação de armaduras à taxas mensais superiores a 4.000t induziram a racionalização dos equipamentos de beneficiamento de armadura, levando a CESP- Camargo Corrêa, implantar Pátio de Armação com máquinas para corte, dobra e emendas de armadura.



Isso tornou-se prática no planejamento e instalações para a construção de barragens no Brasil.

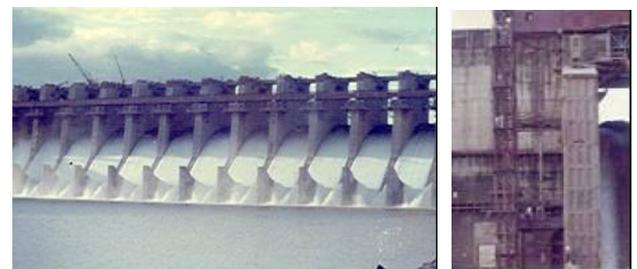
B.4.5- Camadas de Concretagem de Grande Altura

A necessidade de elevadas produções de concreto, a adoção de controle da temperatura do concreto, levaram a adoção de camadas de altura superior a 2m, com o desenvolvimento de Formas-Painéis de grande altura.



B.4.6- Transporte do Concreto por Correias

A conveniência de se avançar etapas de construção, para a Geração Antecipada, levou à alteração de planejamento da construção e à necessidade de se implantar um sistema de transporte de concreto por Correias (em 1973)^[122 e 123].



B.4.7- Transporte Vertical do Concreto por Chutes

Decorrente do citado em B.4.6, desenvolveu-se, também, prática de transporte vertical do concreto, por meio de chutes^[122 e 123]

B.4.8- Concretagem com Agregados Pré – Colocados (Prepacked)

A necessidade de efetuar concretagens sub-aquáticas, associadas à conveniência de se desvincular os equipamentos das concretagens principais de atividades mais específicas levaram a utilização do “Prepacked”, nas fundações dos pilares de alguns dos Pórticos da Sub-Estação e nos Duque-D’álba do porto e Agregados de Água Vermelha.

**B.4.9- Uso de Elementos Pré-moldados**

A necessidade de lançamentos de grandes volumes de concreto e a conveniência de se desvincular os equipamentos das concretagens principais de atividades mais específicas levou ao desenvolvimento de mais de 150 tipos de elementos pré-moldados, atingindo um volume de concreto de cerca de 50.000m³, para mais de 24000 unidades pré-moldadas.

**B.4.10- Cabos de Protensão de Grande Capacidade**

A utilização de comportas de grande altura (15m) estabelecendo grandes esforços aos pilares do vertedouro levaram CESP em conjunto com a Themag e a Escola de Engenharia de São Carlos estudar e modelar os esforços. Disso resultou a conveniência de se utilizar cabos pós-tensionados com capacidade de 300t.

A execução desses cabos fez conveniente avaliar protótipos de trombetas de dissipação das ancoragens e à revisão de Normas Brasileiras^[124 a 126].

B.4.11- Pré-montagem de Armaduras

A produção e colocação de armaduras à taxas mensais superiores a 4.000t induziram a racionalização e à implantação de metodologias de colocação de armadura, através da pré-montagem

**B.4.12- Formas Deslizantes**

Dentro das técnicas de construção a CESP fez adaptar metodologias não usuais no âmbito dos “barrageiros”, impulsionando as velocidades de construção. Uma dessas técnicas foi a do uso de Formas Deslizantes.

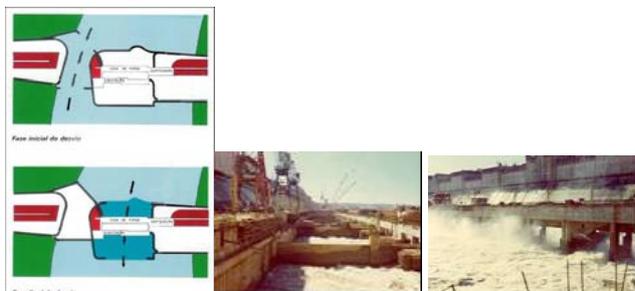
**B.4.13- Intercomunicação**

À época em que a comunicação-telefonía fazia com que uma chamada Ilha Solteira- São Paulo levasse cerca de 6 horas, a utilização de rádios intercomunicadores, nas várias frentes de trabalho se traduziu em um marco organizacional e programático.

Isso auxiliou sobremaneira nos avanços estabelecidos pela CESP.

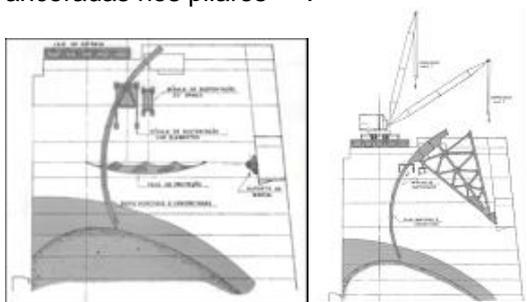
B.4.14-Desvio do Rio pela Casa de Força.

Como citado precedentemente, a conveniência de se avançar etapas de construção, para a Geração Antecipada, levou a se estabelecer uma das etapas de manuseio do Rio Paraná através de desvio pelo interior das Casas de Força. Esse procedimento revestia-se de dificuldades e cuidados, além do que a prática era (**e ainda é!**) a adoção de Adufas. Isso foi um fato inédito!



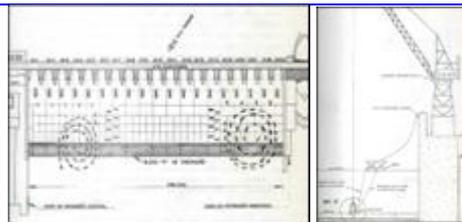
B.4.15- Comportas do Vertedouro

Como citado precedentemente, a utilização de comportas de grande altura (15m) e a conveniência de antecipar etapas de construção e montagem, levaram a CESP-Tenenge estabelecer maneira de montagem das comportas do Vertedouro com a água passando pelas soleiras, com os segmentos das comportas apoiado sobre mísulas metálicas ancoradas nos pilares^[127].



B.4.16- Técnicas de Reparos

Decorrente das ações para antecipação da geração, que se citaram em B.4.14 o fluxo assimétrico provocou a entrada de fragmentos de rocha no interior da Bacia de Dissipação do Vertedouro causando erosões não previstas.



Essa adversidade permitiu estabelecer práticas inéditas de reparos^[116] de estruturas de concreto, que posteriormente se tornaram práticas Nacionais.



C- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À GEO-MECÂNICA DAS ROCHAS

C.1- Mecânica de Rochas

C.1.1- Aspectos de Cisalhamento de Rochas

O Convênio CESP-IPT permitiu desenvolver ensaios e pesquisas que levaram ao conhecimento profundo do parâmetros de cisalhamento de maciços rochosos.

À época foram realizados ensaios de grande escala, com blocos de 6m*6m, com e sem a aplicação de carga Normal. No caso da aplicação de carga Normal, um complexo sistema de atirantamento e o emprego de macacos de Protensão (de 100 e 200t) era utilizado

C.1.2- Aspectos de Cisalhamento do Contato Rocha de Fundação e Concreto

Ainda, sob o Convênio, ensaios de cisalhamento no contato concreto*rocha de fundação foram realizados ao redor dos anos 68 e 71.

C.1.3- Estudos de Tensões

Uma grande pesquisa foi efetuada, com base no Convênio, realizando ensaios de determinação de tensões de maciços rochosos, através do método do Cilindro Sensível, desenvolvido inicialmente pelo LNEC- Lisboa-Portugal.

C.2- Enrocamentos

C.2.1- Cisalhamento de Enrocamentos

Foram realizados estudos através de ensaios de cisalhamento direto em enrocamento, em laboratório, em blocos de 1mx1m.

C.2.2- Desagregabilidade de Basaltos

Foram realizados estudos através ensaios de desagregabilidade em basaltos, em modelos de grandes dimensões.

C.2.3- Deformabilidade de Basaltos

Foram realizados estudos através ensaios de deformabilidade pelo carregamento em placas

C.3- Escavações

C.3.1- -Ensaio de carga-distância segura

Várias técnicas de desmonte e escavação e rocha foram avaliadas com intuito de estabelecer metodologias seguras e produtivas através de determinação de carga-distância.

C.3.2- Ensaio de Escarificabilidade dos Arenitos

Para os maciços de arenito procedimentos de escarificação foram avaliadas com intuito de estabelecer maneiras produtivas e econômicas de escavação.

C.4- Injeções

Entre os anos 70 e 73 o Convênio possibilitou estudar e pesquisar tecnologias de caldas de injeções de fundação de estruturas..

D- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À GEOTECNIA E MECANICA DOS SOLOS

D.1- Utilização de Cascalho Argiloso na Barragem de Terra da Margem Direita- Ilha Solteira

Na época chuvosa o solo da área de empréstimo, normalmente utilizado na construção da barragem de terra, apresentava uma umidade muito acima da especificada para sua aplicação, o que dificultava sua secagem e, conseqüentemente, implicava no atraso do cronograma da obra. Esta dificuldade foi eliminada com a utilização de cascalho argiloso, o qual, mesmo na época chuvosa, apresentava melhores condições de trabalho, secado, na praça para compactação.

Esse material, até então, era aplicado apenas em estradas e aterros industriais devido não atender algumas das características especificadas para os solos aplicados na barragem de terra. Em função desta situação a **CESP**, **Projetista** e **Construtora**

desenvolveram estudos de laboratório e campo e estabeleceram restrições para a aplicação deste material, ou seja:

- ✚ Teor de cascalho máximo de 30%;
- ✚ Permeabilidade máxima de 5×10^{-6} cm/s e;
- ✚ Aplicação era restrita a jusante do filtro vertical e acima do filtro horizontal.

D.2- Utilização de Estufa Infra- vermelho no Controle da Umidade do Solo na Frente de Aplicação.

O controle da umidade do solo no campo, normalmente, era executado pelo método expedito de Hilf, que apresentava algumas deficiências, pois 30% dos ensaios realizados apresentavam teor de umidade do solo incompatível com a realidade, o que implicava na má qualidade da compactação do solo. Para sanar esta dificuldade a **CESP** desenvolveu um Método de Ensaio expedito, para determinação da umidade, através da utilização da ESTUFA INFRA – VERMELHO para secagem do material, o que permitia a determinação da umidade próxima da real (dentro de limites toleráveis), com rapidez suficiente, exigida para liberação da camada de compactação, sem prejudicar a continuidade do trabalho do empreiteiro e com a qualidade de compactação exigida pela especificação da obra.



D.3- Utilização de Rolos Compactadores com Patas Tipo Tamping, e de alta velocidade , na Barragem de Terra.

À época, o Brasil tinha deficiência na produção de Energia Elétrica, assim o cronograma de obra era apertado e rigoroso no cumprimento das metas de produção. Os Rolos convencionais, com patas longas, se constituía em um “**gargalo**” para atingir as metas. Foi proposta a utilização do rolo com patas tipo “tamping”, normalmente utilizados na construção de estradas e aterros industriais, pois apresentavam uma velocidade maior do que os convencionais, entretanto mostravam uma deficiência na homogeneidade da compactação da camada. A **CESP** e **Camargo Corrêa** executaram uma série de aterros experimentais que demonstraram que a utilização deste tipo de rolo com uma camada de solo com espessura de 15 cm e uma velocidade do rolo em torno de 20km/h, a compactação da camada apresentava homogeneidade de acordo com a especificada e semelhante á dos rolos convencionais. Assim estes

rolos foram utilizados de forma inédita na construção de barragens de terra.



D.4– Execução de Túnel a Profundidade de 30m sob o Leito do Rio na Barragem de Água Vermelha

No início da construção da barragem foi observado, através das amostras das sondagens, a existência de uma falha geológica horizontal, entre dois derrames de rocha, aproximadamente a trinta metros de profundidade do leito do Rio e com características totalmente diferentes das rochas encontradas na parte superior. A falha atingia toda extensão da barragem de concreto. Foi necessária a execução de um poço no meio do Rio para ter acesso à falha e ser possível a execução de um túnel, em toda extensão da barragem de concreto, para determinação dos parâmetros geotécnicos da falha através de ensaios “*in situ*”, que seriam utilizados no Projeto da fundação, bem como a execução da consolidação e impermeabilização na parte montante da falha, através de da injeção de calda de cimento, e uma cortina drenante para alívio das subpressões.

D.5– Erosão a Jusante da Barragem de Terra de Água Vermelha.

Durante os ensaios de funcionamento do vertedouro, em modelo hidráulico reduzido da barragem (escala 1: 100), foram observadas “correntes de retorno” que atingiam o “pé” da barragem de terra da margem esquerda e que poderiam causar a erosão da barragem. Foi, então, projetada e executada uma proteção do talude com rachão de basalto com varias toneladas de peso. Após o enchimento do lago e depois de algum tempo de funcionamento do vertedouro instalou-se um processo de erosão, mesmo com a proteção executada, que não resistiu à correnteza das águas e colocou em risco a estabilidade da barragem. Foi necessária uma rápida reposição da rocha de proteção, inclusive com a utilização de tretrapóides de concreto, aproximadamente de 5 toneladas, transportados da Barragem de Itaipu, para que a água não atingisse o maciço de terra, o que aumentaria sensivelmente o risco da estabilidade da barragem. A solução definitiva foi a construção de um muro de concreto em toda a área das correntes de retorno, para proteção do talude.

D.6– Utilização de Solo-Cimento para Proteção do Talude Montante da Barragem de Terra-Rosana e Porto Primavera^[128]

A proteção do talude de montante da barragem de terra normalmente é executada com a utilização de rachão de basalto. Na região das Barragens de Rosana e Porto Primavera o basalto apresenta uma grande e rápida desagregação (ver itens **B.1.9 e C.2.2**) quando exposto à ciclagem de molhagem-secagem, o que impediu a sua utilização nessas barragens.

Após a análise de várias alternativas para proteção do talude a que se mostrou mais viável, técnica e economicamente, foi a utilização de camadas de solo-cimento compactado, como uma escada, a montante da barragem. Para definição do projeto e processo executivo foram visitados obras e laboratórios nos Estados Unidos e desenvolvidos pesquisas e estudos nos laboratórios da **CESP**. Foram utilizados solos com 6 a 8% de cimento, em camadas de 20 cm e largura de 2,50m.





D.7- Vedação da Fundação da Ensecadeira de Porto Primavera com Injeção de Calda de Cimento.

As ensecadeiras normalmente são executadas sobre rocha, não havendo a necessidade de impermeabilização da sua fundação. Em Porto Primavera havia no leito rio uma camada de areia entremeada com lentes de conglomerados de areia e cascalho, de elevada resistência, o que tornou inviável a sua dragagem e a limpeza dessa fundação para assentar a ensecadeira sobre a rocha.

Dessa forma a ensecadeira teria que ser lançada sobre o depósito de areia e teríamos que descobrir um processo viável para vedação desta areia.

Foram analisadas varias alternativas e o processo que oferecia maior possibilidade era um tipo de consolidação de fundação desenvolvido por um técnico japonês e empregado por uma empresa italiana. Este processo utiliza uma maquina que perfura o solo, como em uma sondagem rotativa, e abre umas aletas perfuradas por onde era feita a injeção da calda de cimento. Após esta operação a máquina gira a haste da sondagem e as aletas e inicia-se a injeção, e desta forma o cimento é misturado com o solo propiciando sua consolidação, na realidade são construídas colunas de solo cimento.

Essas colunas, de aproximadamente 50cm de diâmetro, se construídas unidas formam um maciço consolidado. Neste processo a maquina deve ter capacidade de elevado torque, baixa rotação e alta pressão de injeção. Este processo foi utilizado, na época, para consolidar a fundação da Torre de Pisa na Itália.

Para utilização desse processo, em Porto Primavera, teve-se que realizar, junto com o Empreiteiro italiano, ensaios no campo que representassem as mesmas condições da fundação da ensecadeira e que depois da injeção permitisse observar as colunas construídas. Após a execução de vários ensaios concluiu-se que deveriam ser feitas adaptações na maquina e no processo de forma que a impermeabilização fosse obtida, ou a vazão através da cortina vedante ficasse dentro de limites toleráveis.

No processo utilizado a injeção era feita através de pequenos furos executados na própria haste de perfuração da areia e a maquina não necessitava de torque elevado, mas deveria girar com rotação elevada e alta pressão de injeção de forma que o jato de calda de cimento fosse suficiente para romper hidraulicamente o maciço de areia de areia e consolidar as colunas de argamassa. Nestas condições eram obtidas colunas até de 80cm de diâmetro, ou mais.

Foram então projetadas e executadas cortinas com colunas justapostas formando a cortina vedante.





D.8- Fundação em Areia na Barragem de Terra de Porto Primavera

A margem direita da barragem de Porto Primavera, Mato Grosso do Sul, é constituída, geologicamente, de um varjão, alagado em grande parte, com uma extensão de 10km, com dois patamares, aproximadamente de 5km cada um, até atingir a ombreira. Todo varjão está assentado em um banco de areia, tendo espessura, aproximadamente, de 6 a 8 m no primeiro patamar e de 8 a 10 m no segundo.

A ombreira é constituída de solo areno-argiloso. Em função destas características foi projetada, inicialmente, a construção de uma barragem com aterro hidráulico, entretanto, após pesquisas, visita à obras na Rússia e até a execução de um aterro experimental, em verdadeira grandeza e no local da obra, observou – se que a areia existente naquele varjão não apresentava granulometria adequada para atender a impermeabilização especificada para o núcleo da barragem.

Esse Projeto foi abandonado e o novo projeto previa barragem de terra convencional, utilizado o material argiloso das ombreiras e assentada sobre os bancos de areia. O Projeto previa um sistema de drenagem, coleta e escoamento da água que infiltrava pelo banco de areia e que o início do lançamento da argila deveria ser feita em cima do banco de areia limpo e seco.

Nessa situação surgiu uma grande dificuldade, pois, como o lençol de água aflorava não conseguiu-se secar a areia e na compactação aparecia grande quantidade de “borrachudos”. Após vários meses e tentativas de rebaixamento do lençol freático, por vários processos, não se obteve sucesso, sendo que apareceu outro “Ovo de Colombo”, pois sugeriu-se :

Porque vocês ao invés de ficar tentando rebaixar o lençol não lançam uma camada de areia sobre o banco de areia, conseguindo fugir do lençol e tendo areia seca para iniciar o aterro com argila, pois se já existe de 6 a 10 m de areia um metro a mais não fará grande diferença na infiltração da água!!

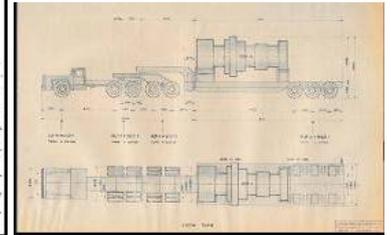
Assim foi iniciada a construção da barragem de forma simples, segura e barata.



E- TECNOLOGIA E TÉCNICAS RELACIONADAS À AUSCULTAÇÃO

E.1- Instrumentação e Monitoração em Ensaios

O assessoramento do CoE US Army e da Universidade da Califórnia-Berkeley, possibilitaram à CESP, desenvolver metodologias de monitoração de ensaios de concretos, através de instrumentos elétricos embutidos.



E.2- Instrumentação e Monitoração de Estruturas

E.2.1- Provas de Carga

— Mísulas Metálicas

Os sistemas de transferência de cargas estabelecidos em fases da construção e montagem eram devidamente estudados e avaliados, com intuito de se ter condições seguras durante a execução



— Pórticos da Sub-Estação

Decorrente do emprego de emendas de aço da categoria CA-50, bem como devido à fragilidade de certas remessas de aço, foram feitas Prova de Carga (aplicação de 2.400t) em vários Pórticos da Sub-estação de Ilha Solteira

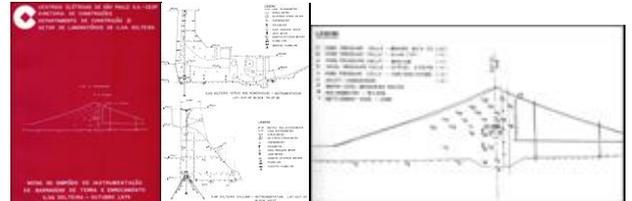


— Ponte Sobre o Rio Tiete

O transporte rodoviário do Eixo da Turbina e a sua passagem por sobre a Ponte do Rio Tiete, entre Jupia e Ilha Solteira, induziram à conveniência de se realizar uma Prova de Carga, e o posterior acompanhamento das deflexões da Super-Estrutura da Ponte.

E.2.2- Auscultação de Estruturas e Vertedouros

A magnitude do Projeto de Ilha Solteira, levaram a CESP-Themag estabelecer um amplo plano de Monitoração das diversas estrutura, quer sob o aspecto de Controle como também de caráter Científico, para aprendizado e avaliação e comportamento, bastante útil aos novos projetos que sucederiam.



Não só se estabeleceu um Plano de Instrumentação, como o Laboratório criou uma Área específica de Auscultação, visando a monitoração de várias estruturas, dos demais Empreendimentos da CESP



F- AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem à Associação dos Aposentados da Fundação CESP- Regional de Ilha Solteira, pelo convite para a Palestra, bem como à Associação dos Ex-Alunos da FE-IS/ UNESP, extensivamente à FE-IS/UNESP pela acolhida e realização do Evento.

Os Autores, também, não poderiam deixar de usar a oportunidade, para agradecer o convívio e a

DESAFIOS TECNOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL DAS USINAS

Bento Carlos Sgarboza & Francisco Rodrigues Andriolo

oportunidade de terem trabalhado juntos com vários Profissionais, que se citam:

Alberto Maionchi; Fausto Guimarães, Rubens Benetton; Pedro Mizumoto; Darcy de Almeida; Gelázio da Rocha; Josef Ivanoko; José Walter Merlo; Wilfrido D'Ávila; José Roberto Monteiro José Florentino; Raymundo Kimura; Ademar Sonoda; Walmyr Fernandes Modesto Tadeusz Marcellus Skwarczysnki; Dilermando Hermínio Bispo; Ananias Gonçalves; José Eduardo Costanzo; Antonio Carlos Portela; Régis Frota; Carlos Eduardo Oliveira

Ferreira; Makoto Kuwabara Marcio Henrique Guimarães Pagnano; José Heraldo Raimundo; Roberto Cardieri; George Mellios; Pedro Augusto Casimiro de Araújo; Maurício Tonzar; José Augusto Braga; Agostinho Maldonado; Adones Timóteo; Clarindo Brandão; Evangevaldo Pereira; Francilino Fernandes; Kenji Higa; Adail Bombarda; Odilon Otoni; Eliseu Bitante; Paulo Eduardo de Oliveira; Donato Fernandes; Rubens Dobre; Flávio José de Oliveira; Sergio Ghere.

G- REFERÊNCIAS

- [01]- **Paulo Teixeira da Cruz**- "100 Barragens Brasileiras- Casos Históricos Materiais de Construção – Projeto"- 1996- Oficina de Textos- São Paulo;
- [02]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-01-67- "Relatório de Viagem à Urubupunga: W. Negrelli & Steinstrasser;
- [03]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-06-67- "Assuntos a Serem Verificados pelo Dr. Florentino nos EE.UU";
- [04]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-08-67- "Estudo de Cimento Portland de Moderado Calor de Hidratação- Tipo II- Jupia";
- [05]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-09-67- "Concreto para o Projeto de Ilha Solteira- Memorandum à Cesp- de Roy W. Carlson";
- [06]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-15-67- "Normas para Inspeção do Clinquer Tipo II"
- [07]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-26-67- "Relatório do Dr. Fausto- Anexos: Concretos de Ilha Solteira; Memorandum from Roy Carlson; Evolução de Resistência";
- [08]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-28-67- "Estudo do Calor de Hidratação no Concreto";
- [09]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-37-67- "Memorando do Prof. Roy Carlson para a Camargo Corrêa";
- [10]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-50-67- "Estudos de Diversos Tipos de Clinker";
- [11]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-11-68- "Cálculos dos Compostos Constituintes nos Cimentos";
- [12]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C- 08-68- "Cimentos Estrangeiros Analisados em Jupia";
- [13]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-01-69- "Controle de Qualidade do Cimento Russo Estocado na Vila Residencial - Ilha Solteira";
- [14]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-03-69-"Evolução de Resistência à Compressão quanto à Utilização do Cimento Tipo II";
- [15]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-13-70- "Comparação do Cimento Corumbá em Sacos com o Cimento obtido com Clinquer Corumbá em Jupia";
- [16]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-42-67- "Estudo Comparativo com Materiais Pozolânicos";
- [17]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-43-67- "Fly Ash Sotelca";
- [18]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-44-67- "Pozolana da Área 3A";
- [19]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-45-67- "Pozolana da Área das Perdizes";
- [20]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-10-69- "Verificações da Pozolana Estocada na Usina do Rio da Casca";
- [21]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-22-69- "Previsão de Diatomito até o Final da Obra de Ilha Solteira";
- [22]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-30-69- "Ensaio com Cinzas da Usina de Figueira";
- [23]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-11-71- "Estudo de Qualidade de Viabilidade de Exploração de Argila para ser Utilizada como Matéria Prima de Pozolana";
- [24]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-14-71- "Estudo da Fabricação de Pozolana";
- [25]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-02-67- "Bolas dos Moinhos de Clinquer e Pozolana- Jupia";
- [26]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-07-67- "Perda de Cimento na Chaminé de Tiragem do Moinho e nos Respiros dos Silos da Central- Jupia";
- [27]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira- C-55-67- "Relatório de Viagem à Corumbá- Dr. José Florentino e Dr. Raymundo Kimura";
- [28]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira- C-01-68- "Visita À Fábrica De Cimento De Corumbá- Dr. José Florentino";
- [29]- Relatório Cesp- Lcec-Ilha Solteira- C-06-68- "Estudo de Ampliação da Fábrica de Cimento de Corumbá";
- [30]- Relatório Cesp- Lcec-Ilha Solteira- C-04-69- "Complemento do Relatório C-12/68 - "Fabricação Experimental do Cimento Tipo II em Corumbá";
- [31]- **Bento Carlos Sgarboza** - "A Influencia do Uso de Cimentos Pozolanicos com Alto Teor de Cinzas e Alta Finura em Concreto, Principalmente no Combate à Reação Alkali-Agregado". - XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens - Belo Horizonte – 1985;
- [32]- Relatório Cesp- Lcec-Ilha Solteira- C-06-69- "Ensaio do Cimento Coletado no Coletor de Pó do Moinho de Clinker";
- [33]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-09-69- "Considerações Técnicas da Finura do Cimento e Pozolana de Jupia";
- [34]- **Bento Carlos Sgarboza; Francisco Rodrigues Andriolo**- "The Use of Pozzolan from Calcined Clays in Preventing Excessive Expansion due to the Alkali-Aggegae Reaction in Some Brazilian Dams- 7th International Conference on Alkali Aggregate Reaction- USA- August/1976;
- [35]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-08-70- "Palestra feita em 17/03/1970 na Associação Brasileira de Cimento Portland";
- [36]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-11-71- "Estudo de Qualidade de Viabilidade de Exploração de Argila para ser Utilizada como Matéria Prima de Pozolana";
- [37]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-14-71- "Estudo da Fabricação de Pozolana";
- [37]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-43-70- "Estudo da Influência do Bromato de Potássio (KBrO₃) e Bromato de Amônio (NH₄Br) sobre as Propriedades Físicas de Argamassa e Caldas";
- [39]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira- C-60-71- "Estudo de Calda de Cimento, com Adição de Pó de Alumínio";
- [40]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-26-72- "Materiais para Pré-enchimento de Micro Fissuras em Concreto";
- [41]- Relatório Cesp- Lcec-Ilha Solteira- C-32-72- "Caldas de Cimentos Aluminosos";
- [42]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-74-72- "Caldas com Expansor - Intracrete - Vertedouro de Superfície - Ilha Solteira";
- [43]- **Francisco Rodrigues Andriolo**- "Tecnologia do Concreto Minimiza Etapa de Execução de Concreto em Segundo Estágio"- XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens- Recife-PE – Brasil – Agosto/1981
- [44]- **Francisco Rodrigues Andriolo; Marcio Henrique Guimarães Pagnano**- "Protensão e Injeção dos Pilares do Vertedouro de Superfície de Ilha Solteira" - CESP-São Paulo – SP – Brasil – Janeiro/1975;
- [45]- **Bento Carlos Sgarboza** - "Técnicas de Injeção de Cabo Protendido com a Utilização de Calda de Cimento Refrigerada e Injeção Complementar - Hidroelétrica de Agua Vermelha - XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens - Recife – 1981;
- [46]- **Gitahy H.S.** - "O Problema dos Agregados para os Concretos da Barragem de Jupia"- IPT-CELUSA-1963
- [47]- **Francisco Rodrigues Andriolo**- "Utilização de Pozolana na Construção do Conjunto Hidroelétrico de Urubupungá – CESP- São Paulo-SP – Basil – Abril/1975
- [48]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-18-67- "Ciclagem de Britas de Ilha Solteira";
- [49]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-25-69- "Ensaio das Amostras de Rochas das Sondagens do Rio São José dos Dourados";
- [50]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-33-69- "Ensaio das Amostras de Basalto Retiradas dos Poços de Aterro da Ponte do Sucuriú";
- [51]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-10-71- "Estudos Preliminares Realizados sobre os Diversos Tipos Litológicos de Água Vermelha";
- [52]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-17-71- "Ensaio de Olson Test sobre Amostra de Basalto da Área da Eclusa";

- [53]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-50-71- "Ensaio de Granulometria e Abrasão "Los Angeles" em Amostras de Basalto de Capivara após Serem Submetidas e Ensaio de Ciclagem";
- [54]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - G-14-70- "Resumo das Observações Feitas sobre a Desagregação de Basalto como Consequência da Presença de Argilo- Minerais com Características Expansivas";
- [55]- **Miguel Normando Abdalla Saad; Bento Carlos Sgarboza**- Relatório de Viagem aos Estados Unidos"- 1981-CESP
- [56]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-38-67- "Estudos Diversos sobre Agentes Químicos para a Cura do Concreto";
- [57]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-40-67- "Estudos Diversos de Aditivos para Concreto";
- [58]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-13-68- "Estudos de Aditivos Cemix e Cemix Air";
- [59]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-03-70- "Estudo Comparativo de Aditivos Incorporadores de Ar dos Agregados na Central de Concreto";
- [60]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-19-70- "Proposta para Especificações de Aditivo Redutor de Água e Retardador de Pega";
- [61]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-36-70- "Ensaio com Produtos de "Cura" (Complementação do Programa No 38);
- [62]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-38-70- "Estudo de Aditivos Incorporadores de "Ar" (Complementação);
- [63]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-39-70- "Estudo de Aditivos Retardadores de Pega";
- [64]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-41-70- "Argamassa e Colagem com Colma Dur";
- [65]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-04-68- "Precauções de Segurança no Manuseio de Epoxy";
- [66]- THEMAG Engenharia- Especificação Técnica Concreto –CESP- Ilha Solteira;
- [67]- **Budweg, Ferdinand; Eckschmidt,Horst; Magnoli, Dino**- "Pressure Compensation Chambers in the Transversal Contraction Joints of the Intake Structure of the Ilha Solteira Dam, Brazil"- X ICOLD-Montreal- 1970
- [68]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-02-72- "Determinação do Coeficiente de Aderência- Discussão de Constantes para seu Ensaio";
- [69]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-16-73- "Ensaio Comparativos sobre Vigas e Tirantes para Determinação da Aderência Concreto-Aço"
- [70]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-31-70- "Verificação da Qualidade de Solda de Tópo";
- [71]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-46-70- "Comparação das Soldas de Tópo";
- [72]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-06-71- "Verificação de Solda com Cobre Juntas para Aços Tipo "B"";
- [73]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-30-71- "Ensaio de Tração em Metais de Solda";
- [74]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-36-71- "Resumo de Solda de Topo";
- [75]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-24-74- "Solda de Topo - Reparo da Máquina Simoneck";
- [76]- ABNT- P-MB-857- "Verificação de Emendas Metálicas de Barras de Concreto Armado- ABNT- São Paulo-1974
- [77]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-43-71- "Justificativa da Proposta à "ABNT" em Relação E.B. - 3/71";
- [78]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-19-72- "Sugestões sobre as Especificações S.U.M./S.E. 0.034 - R1 - Barra Laminada de Aço para uso de Concreto Armado";
- [79]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-12-72- "Ensaio de Estanqueidade das Juntas de Concretagem";
- [80]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-47-72- "Ensaio de Estanqueidade das Juntas de Concretagem 2ª Série";
- [81]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-10-74- "Verificação da Qualidade de Mata-Juntas Estocada no Almoarifado da Ilha Solteira em Março de 1974";
- [82]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-43-73- "Ensaio em Braçadeiras Fixas e Giratórias para Andaimas Tubulares";
- [83]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-18-75- "Ensaio Mecânicos em Madeira Laminada";
- [84]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-33-67- "Dosagens e Controles para Grandes Obras de Concreto";
- [85]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-33-72- "Dados Comparativos de Consumo de Cimento das Obras de Ilha Solteira e Marimbondo";
- [86]- **Francisco Rodrigues Andriolo; Bento Carlos Sgarboza**- "Concreto para a Obra da Usina de Agua Vermelha" – CESP-São Paulo-SP – Brasil – Agosto/1974
- [87]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-12-69- "Concretos para Ilha Solteira - # Máx. 152mm tendo em Vista Materiais Definitivos";
- [88]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-17-69- "Verificação de Permeabilidade em Concreto com 6,0% de Ar Incorporado";
- [89]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-12-70- "Determinação da Relação Tempo de Pega - Trabalhabilidade do Concreto";
- [90]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-13-72- "Determinação do Coeficiente de Expansão dos Agregados";
- [91]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-69-72- "Módulo de Elasticidade Estático do Concreto - Programa 55/70 - Módulo de Elasticidade Estático - Complementação do Programa 35/69";
- [92]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-78-72- "Determinação do Coeficiente de Expansão Térmica dos Agregados de Água Vermelha";
- [93]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-80-72- "Determinação do Coeficiente de Expansão Térmica dos Agregados de Capivara";
- [94]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-25-73- "Verificação do Calor Hidratação do Cimento Jupia e Determinação da Elevação Adiabática de Alguns Traços de Concreto";
- [95]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-27-73- "Dados de Dosagens de Concreto com Cascalho";
- [96]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-28-73- "Dados de Dosagens de Concreto com Brita";
- [97]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-05-75- "Verificação da Durabilidade em Concretos Através da Exposição ao Tempo";
- [98]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-07-75- "Variações de Propriedades de Concretos Devido a Variação do Tipo e Finura da Areia";
- [99]- **Houghton D. L.**- "Concrete Strain Capacity Tests- Their Economic Implications"- Economical Construction of Concrete Dams- Proceedings of the Engineering Foundation Conference- Asilomar – Pacific Grove- California-USA-May-1972
- [100]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-11-67- "Reunião Em 1º. de Agosto de 1967 Sobre Pré-Resfriamento do Concreto-Ilha Solteira";
- [101]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-16-67- "Experiência sobre Calor de Hidratação em Grandes Blocos de Concreto- Influência da Temperatura de Colocação e do Tipo de Agregado- Jupia";
- [102]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-24-67- "Medidas de Temperatura dos Blocos 122A-Pa-E- Jupia";
- [103]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-25-67- "Medidas de Temperatura dos Blocos 124A-Pa-E- Jupia";
- [104]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-54-67- "Pré Estudo de Refrigeração para Ilha Solteira";
- [105]- **Francisco Rodrigues Andriolo; Tadeusz M. Skwarczynski**- "Concreto Pré-Refrigerado no Brasil- Uma Evolução com Mais de 20 Anos"- Logos Engenharia- Graphos- Rio de Janeiro- 1988;
- [106]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-31-67- "Estudo de Revibração do Concreto";
- [107]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-29-67- "Ensaio em Vigas sob Flexão para a Determinação das Deformações do Concreto na Zona de Tração";
- [108]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-32-67- "Estudo de Junta de Concretagem";

-
- [109]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-15-68- "Ensaio de Flexão em Vigas de Concreto";
- [110]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-08-69- "Proposta para Especificações Gerais do Concreto de Ilha Solteira";
- [111]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-09-74- "Proposta para Especificação Geral do Concreto para a Usina de Água Vermelha";
- [112]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-26-74- "Manual para Controle dos Materiais (e do) Concreto Usina de Água Vermelha";
- [113]- **Francisco Rodrigues Andriolo**- "Construções de Concreto- Manual de Práticas para Controle e Execução"- Editora Pini-São Paulo- 1984
- [114]- **Bento Carlos Sgarboza; Francisco Rodrigues Andriolo**- "Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto"- Editora Newsweek-São Paulo- 1993;
- [115]- **Francisco Rodrigues Andriolo**- Soluções Recentes para Economia em Projetos e Construção de Estruturas de Concreto e Suas Fundações – Relato do Tema II" – XXI Seminário Nacional de Grandes Barragens – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – Dezembro/1994;
- [116]- Reparos Efetuados no Vertedouro de Superfície- Usina de Ilha Solteira- CESP- 1974;
- [117]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-17-67- "Armazenamento de Agregados para a Central de Concreto de Ilha Solteira";
- [118]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-29-69- "Ensaio de Ciclagem e Submersão em Amostras de Arenito Bauru e Possíveis Ensaio de Compressão Simples ou Diametral";
- [119]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-34-69- "Verificação da Capacidade da Instalação de Refrigeração do Concreto para uma Produção de 100,000m³ por Mês";
- [120]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-01-70- "Levantamento das Necessidades e Balanceamento de Agregados para Ilha Solteira";
- [121]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-21-70-"Possibilidade de Fornecimento de Pozolana a Partir de Janeiro de 1971";
- [122]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-23-73- "Verificação de Característica de Concretos Quando Transportados por Esteiras";
- [123]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-11-74- "Concretos Transportados por Esteira - Usina de Ilha Solteira";
- [124]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-18-72- "Ensaio em Viga com Trombêta para Proteção em 24 Cordoalhas De D = 1/2";
- [125]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-24-72- "Segunda Série de Ensaio em Viga com Trombêta para Proteção com 24 Cordoalhas de D 1/2 - Complementação do Relatório C-18/72";
- [126]- Relatório CESP- LCEC-Ilha Solteira - C-27-72- "Ensaio de Protensão com Sistema Losinger -Complementação dos Relatórios C-18/72 E C-24/72";
- [127]- Relatório CESP- Montagem-Ilha Solteira- Comportas Setor do Vertedouro/1975;
- [128]- **Bento Carlos Sgarboza e Alli**- "Proteção de Taludes com solo-cimento- estudos e Aplicação nas Obras de Porto Primavera e Rosana"- XV seminário Nacional de Grandes Barragens- Rio de Janeiro- 1983.