

**Universidad de Cantabria**

**Escuela de Caminos, Canales y Puertos**

**Departamento Agua y Medio Ambiente**

**SANTANDER – ESPAÑA**

**Noviembre- 2003**

**"Aspectos de Materiales, Construcción y  
Control de Calidad en Presas  
Brasileñas"**

**Eng<sup>o</sup>. Francisco Rodrigues Andriolo**

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03  
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil  
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069  
e-mail: [fandrio@attglobal.net](mailto:fandrio@attglobal.net) site: [www.andriolo.com.br](http://www.andriolo.com.br)



Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03  
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil  
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069  
e-mail: [fandrio@attglobal.net](mailto:fandrio@attglobal.net) site: [www.andriolo.com.br](http://www.andriolo.com.br)

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Este texto tiene el propósito de describir el desarrollo y el progreso en el conocimiento de materiales y de las presas diseñadas en Brasil, un país en el que estas estructuras fueron y son fundamentales para mantener la vida económica y social y el bienestar de su población.

Brasil es un país con un área territorial que ocupa el cuarto lugar en el mundo. Sus 8.5 millones de kilómetros cuadrados se expanden desde los 4° de latitud norte a los 33° de latitud sur, y de 75° a 40° de longitud oeste.

Su población es aproximadamente de 169 millones de personas. Es la novena economía del mundo con un Producto Bruto Interno de aproximadamente 800 mil millones de dólares americanos. Brasil es un país sumamente rico en recursos hídricos.

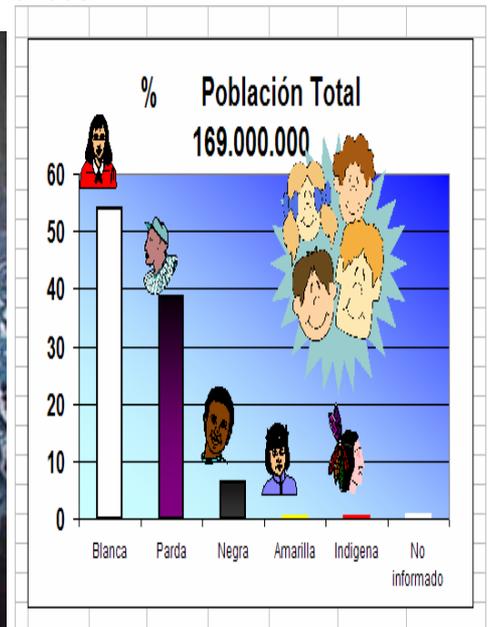


Figura 01 – Localización Global de Brasil, en América del Sur y División Política y Territorial por Distribución de Razas.

Aunque ciertas áreas del país pueden ser clasificadas como ambientes semiáridos, por su modelo estacional de lluvias intermitentes, el territorio brasileño está dotado de climas húmedos tropicales y subtropicales, con un predominio de desagües perennes proyectados por tierras planas y mesetas bajas.

Esto favorece el uso extensivo de fuentes de agua para el desarrollo y bienestar de la población, con la producción de energía hidroeléctrica, el suministro de agua urbano y la regulación del flujo de los ríos que son el objetivo principal de los proyectos en curso.

Como resultado, la construcción de presas y embalses fue objeto de un esfuerzo importante por parte del pueblo brasileño, a través del gobierno y de la iniciativa privada. El Registro Brasileño de Grandes Presas (superiores a 15 m. de alto) actualmente incluye 823 proyectos, de los cuales la mitad son estructuras construidas en la región semiárida del noreste para la regulación del flujo de agua y aproximadamente 240 se construyeron específicamente para los proyectos de generación de energía.

Las presas más importantes de Brasil se construyeron de acuerdo con proyectos hidroeléctricos. En la actualidad, aproximadamente el 90% de la energía eléctrica producida en el país proviene de los desarrollos hidroeléctricos. Esto, claro, no sólo refleja la abundancia del potencial hidroeléctrico, sino también la escasez de combustibles fósiles lo cual es el motivo de la gran necesidad de generación de energía eléctrica.

En verdad, teniendo en cuenta la extensión territorial, el predominio hidroeléctrico y la existencia del potencial hídrico, evidentemente competitivo, hacen que el sistema de generación eléctrico brasileño sea diferente de aquéllos existentes en cualquier otro país en el Mundo. La capacidad total instalada en las plantas hidroeléctricas, en el presente (septiembre de 2003) es de más de 65,00 MW, sin tomar en cuenta los 6,300 MW que es la porción Paraguaya del Proyecto de Itaipu, la cual es vendida al sistema brasileño. Se espera que estas cifras crezcan a una proporción anual del 4 al 5%, a pesar del hecho de que los esfuerzos por construir más plantas de combustible fósil, principalmente usando gas natural importado, están progresando.

Posee cerca de 70 fábricas de cemento, con una producción anual de aproximadamente 70.000.000 t/año, de diversos tipos de cemento.

Con estos antecedentes, debe quedar claro que el desarrollo y la evolución de la ingeniería de presas en Brasil fue en un primer momento relacionada a la evolución de la industria generadora de energía eléctrica. Las notas que siguen a continuación intentan describir la evolución y la magnitud de este desarrollo.

## EL PERÍODO INICIAL DE DESARROLLO DE PRESAS (< 1900)

Generalmente se reconoce que la construcción de presas como los proyectos públicos empezaron en Brasil durante el período 1877-1880 en el que hubo una larga y severa sequía en la región noreste del país. Se creó una agencia especial del gobierno central con el propósito de construir pequeños embalses en los ríos intermitentes de la región para almacenar toda el agua disponible, para mantener la regulación de flujo de agua y proveer de agua potable a la población local. A pesar de las dificultades del manejo de los escasos recursos, desde la mencionada fecha, la agencia logró construir más de cuatrocientas presas, principalmente con alturas de entre 10 y 30 metros, que proporcionaron algún alivio para las adversidades del clima.

Sin embargo, fue en el estado industrial de Minas Gerais, en la región sudeste de Brasil, donde la primera presa con propósitos hidroeléctricos se construyó en 1889. Era parte de una planta de energía de 252 KW, que proveía de energía eléctrica para la iluminación pública al pueblo de Juiz de Fora.

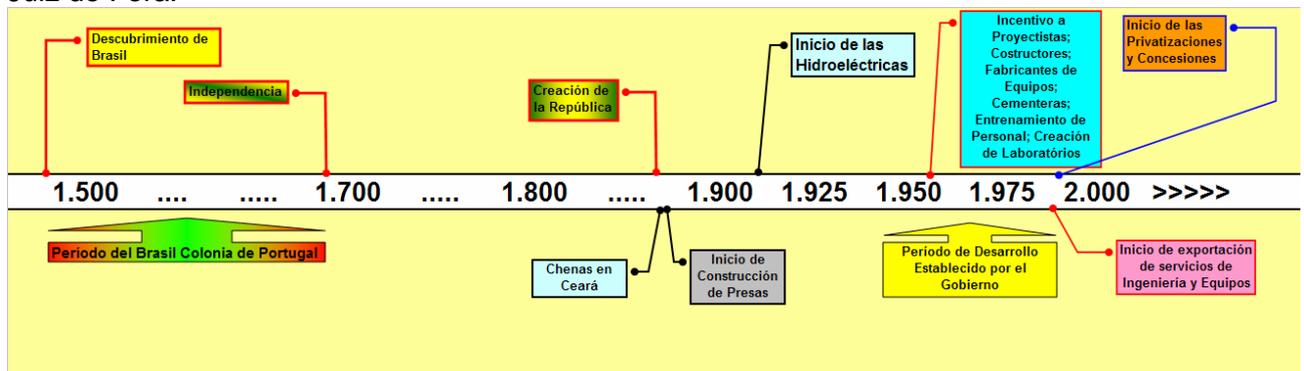


Figura 02- Referencia cronológica política y de las presas en Brasil

---

## EL SEGUNDO PERÍODO DE DESARROLLO DE PRESAS (1900 - 1925)

A comienzos de 1900, las compañías utilitarias de electricidad controladas por capitales privados extranjeros empezaron a desarrollar potencial hidroeléctrico para proporcionar energía eléctrica a São Paulo y Río de Janeiro, principales centros urbanos e industriales del País. La construcción de presas tuvo su momento con el requerimiento de presas más grandes y plantas de energía. En 1901 la compañía Canadiense- "**São Paulo Light and Power Co.**" inauguró la primera planta y de mayor porte en el área de São Paulo, en el Río Tiete, una presa que hoy está prácticamente localizada dentro de los límites de la ciudad (**Presa Edgard de Souza**). En 1907, la "**Río de Janeiro Light and Power Co.**" terminó la construcción del proyecto hidroeléctrico **Fontes**, con una presa y una planta de energía generando 24.000 KW, por entonces uno de los proyectos hidroeléctricos más grandes en el mundo.

Brasil ha estado activamente envuelto en la construcción de presas desde los últimos años del siglo diecinueve. La primera gran presa, la **Presa Cedro**, se empezó como una medida para mitigar una dura sequía que tuvo lugar en la región noreste del país. Se comisionó en 1906 y todavía está cumpliendo con su función junto con alrededor de otras 400 grandes presas construidas en esta región propensa a sequías.

La primera planta hidroeléctrica de uso público, Marmelos, se comisionó en 1889 en el estado de Minas Gerais, en la región sudeste del país. Después de eso, la hidroeléctrica progresó lentamente alcanzando los 5.000 MW en 1950.

---

## EL TERCER PERÍODO DE DESARROLLO DE PRESAS (1925 - 1950)

La responsabilidad de la aplicación de los nuevos proyectos terminó siendo, casi completamente, de los gobiernos Federales y Estatales. Desde principios de siglo hasta mediados de los años treinta, la construcción de presas y plantas generadoras de energía eléctrica permaneció en manos de compañías privadas, prácticamente el Estado de Minas Gerais creó **CEMIG** en 1952 y el Estado de Paraná, **COPEL**, en 1954, ambos de los más exitosos.

En 1934, sin embargo, el Gobierno Federal emitió una nueva legislación que consideraba como la propiedad pública los recursos hídricos del país, y empezó a emitir concesiones para el uso privado de estos recursos para los siguientes propósitos: la generación de energía, el suministro público, la irrigación, etc.

Hasta fines de los años cincuenta, la planificación de la expansión de instalaciones de generación y transmisión en Brasil, como en muchas partes del mundo, se llevó a cabo por utilidades separadas operando en una base local. Se desarrollaron las mejores hídricas localizadas cerca de las cargas locales, y como el crecimiento anual agregado empezó a acercarse a los 400 megavatios o más, la planificación regional de la expansión de generación de energía ganó importancia, y algunas empresas del estado comprendieron que un estudio más amplio de recursos hídricos en sus áreas se volvía casi una obligación.

En 1961, **CEMIG**, en el Estado de Minas Gerais, obtuvo ayuda financiera del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) para hacer un estudio del potencial hídrico del estado y, a través de la acción combinada del gobierno federal y del Banco Mundial, este estudio se extendió a toda el área central del sur de Brasil, seguido por un estudio similar de la porción sur del país. Esto ha producido uno de los mayores estudios sistemáticos de recursos hídricos, jamás llevado a cabo en ninguna parte del mundo, con procedimientos tecnológicos y metodológicos específicos que se desarrollan para el estudio. El estudio de la energía hídrica, y el subsecuente estudio de energía, que se conoció como Estudio CANAMBRA, congregó tres compañías consultoras internacionales, dos de Canadá y una de los Estados Unidos, y el personal técnico de las principales empresas federales y estatales que actúan en las áreas.

Los recursos técnicos combinados se organizaban en grupos de trabajo que operaban bajo la coordinación de un comité de dirección formado por oficiales del gobierno Estatal y Federal. El estudio cubrió un área de aproximadamente 1.3 millones de kilómetros cuadrados e identificó y estimó centenares de localizaciones hídricas potenciales, la mayoría de las cuales se llevaron a cabo durante los siguientes 40 años y se convirtieron en la columna vertebral del sistema eléctrico brasileño.

El desarrollo de los tres ríos más importantes del estado de São Paulo: **Tiete**, **Paranapanema** y **Paraná**, se asignó a las nuevas compañías, y estos ríos, en menos de treinta años, se transformaron completamente con las presas, embalses y plantas hídricas. A comienzos de los años setenta, se formó una única compañía **CESP** para agregar la mayoría de las plantas de energía y sistemas de transmisión eléctricos al estado y, finalmente, casi todas las empresas privadas que actuaban en el territorio nacional terminaron siendo intervenidas por la propiedad estatal.

A fines de la primera mitad del siglo, el número de presas en Brasil, de acuerdo con los datos del Registro Brasileño de Presas, alcanzó 140, de las cuales, la mayoría se refiere a las estructuras pequeñas usadas para contener el agua que aliviaría los períodos de sequía en la región noreste del país.

## EL PERÍODO DORADO DE CONSTRUCCIÓN DE PRESAS (1950–1975)

El período de treinta años que va desde 1950 a comienzos de 1980 corresponde al "**Período Dorado**" de la construcción de presas en Brasil. Casi todas las presas importantes construidas durante ese período estaban asociadas a los proyectos de energía hidroeléctrica, y en la extensión de este período, la capacidad total instalada de hidroeléctricas en el país creció de 1.400 a aproximadamente 35.000 MW. Éste fue el tiempo en el que la ingeniería de presas Brasileña realmente se consolidó, se reafirmó y desarrolló como una de las escuelas más avanzadas de ingeniería de presas en el mundo.

Con el fin de la Segunda Guerra Mundial, en Brasil como en otras partes, la idea de una participación directa de los gobiernos en las actividades económicas relacionadas a los trabajos de infraestructura que crearan las condiciones para un desarrollo industrial acelerado, empezó a florecer dentro de las oficinas de planificación de esos gobiernos y de las de los empresarios de las industrias líderes. El primer plan de desarrollo económico para el país, centralmente formulado, lo creó la administración gubernamental federal que asumió en 1946. Esto preparó la escena para la administración siguiente, que asumió el poder en 1950 con una visión profundamente nacionalista de gobierno y participación pública, promoviendo el desarrollo para actuar e implementar un número de compañías públicas, a las cuales se les dio la responsabilidad de los trabajos de la infraestructura de la construcción en diversas áreas como ser:

- + energía eléctrica,
- + petróleo,
- + caminos y carreteras,
- + irrigación y desarrollo de la tierra.

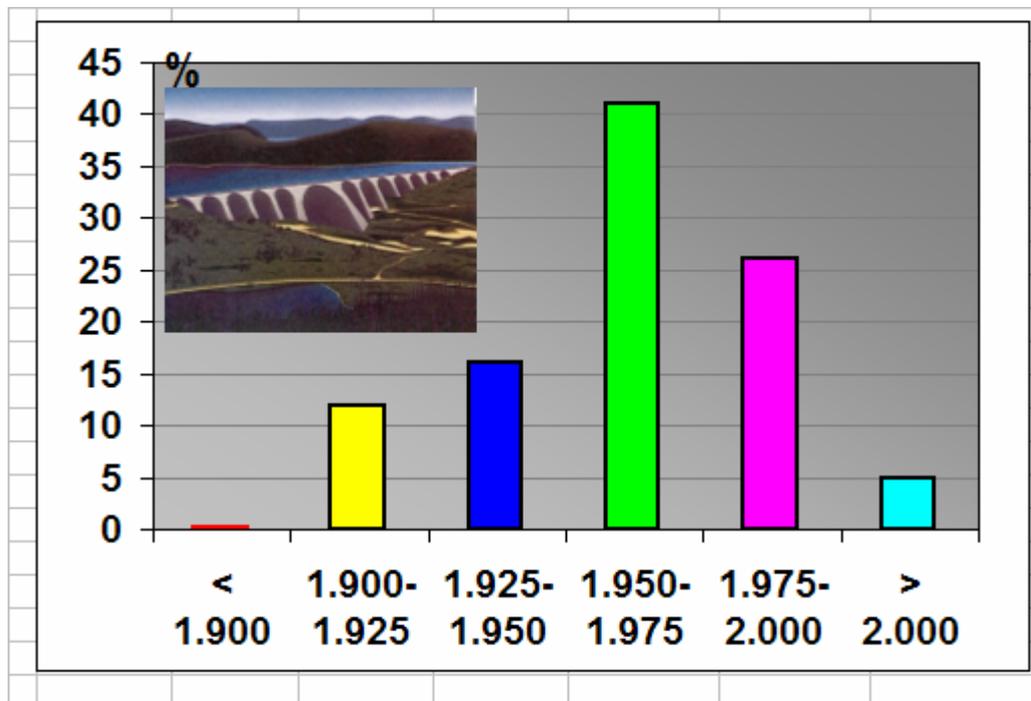


Figura 03–Estadística Cronológica de la Construcción de Presas hasta 2003 (Total 860)

La mayor compañía del estado se estableció para desarrollar el potencial de energía eléctrica de los recursos hidroeléctricos brasileños, **CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco**,

ésta se creó en 1948 con la responsabilidad específica de construir una presa grande y una planta de energía en las cataratas Paulo Afonso, en el río São Francisco, en el límite sur del noreste Brasileño. La planta **Paulo Afonso** empezó a funcionar en 1954 y, actualmente hay cuatro centrales eléctricas construidas en el lugar, con una capacidad total instalada de 3.984 MW.

A nivel estatal, la rápida iniciativa del Gobierno Federal con **CHESF** activó movimientos similares en algunos de los principales estados.

En 1969, el Gobierno Federal creó **ELETROSUL** como una nueva agencia para promover los proyectos de energía eléctrica en la región sur, cuya capacidad y producción de energía fueron consideradas superiores a los requisitos estatales individuales. Como resultado, se diseñaron y construyeron los proyectos de **Salto Osorio** de 1.050 MW (1974) y el proyecto de **Salto Santiago** de 2.000 MW (1980) en el Río Iguazú, en Paraná, cada uno de ellos, incorporando presas con centro de tierra y relleno de roca, con 67 m. y 80 m. de altura respectivamente.

En 1973, el Gobierno Federal estableció **ELETRONORTE** como una agencia que llevaría a cabo los proyectos de energía en la región norteña, incluso el área amazónica. Esto se hizo junto con una nueva legislación que dividió el país en cuatro áreas y a cada una de ellas se le asignó una agencia federal con la responsabilidad de promover y operar los proyectos considerando las necesidades individuales del estado antes mencionados. Las agencias eran **CHESF**, en el área noreste, **FURNAS** en el área centro sur o sudeste.

En São Paulo, el estado más industrializado de Brasil, y para mediados de los años 50, la construcción de presas y la generación de energía eléctrica fue hecha principalmente por una compañía extranjera privada, "**São Paulo Light and Power Co.**" que, como ya se mencionó, se estableció en el área desde comienzos de siglo, para promover el desarrollo extensivo en las áreas más distantes del interior del estado, las compañías del Gobierno Estatal establecidas con la responsabilidad de desarrollar el potencial hídrico de los lechos de los principales ríos del estado, siguiendo, hasta cierto punto, el ejemplo exitoso de **EE.UU.**, del "**TVA - Tennessee Valley Authority**" que durante las décadas anteriores había sido el mejor ejemplo de intervención gubernamental en un sector de la economía dominado por capitales privados. Los proyectos de presas representativamente importantes diseñados y construidos por las empresas estatales durante el período, incluyeron el proyecto **São Simão** de 2.680 MW, una presa de tierra y relleno de roca de 127 m. de altura (1978) en Minas Gerais; una presa de relleno de roca y frente de hormigón de 160 m. de altura y de 2,500 MW en **Foz de Areia** (1980) en Paraná; una presa de 3.200 MW, 74 m. de altura, de tierra, relleno de roca y hormigón, **Ilha Solteira** (1973) y la presa de tierra de 105 m. de altura, **Paraitinga** (1975), en São Paulo.

A fines de los años cincuenta, el Gobierno Federal por si mismo, dirigió la acción en la construcción de la presa hidroeléctrica y la operación del área se hizo a través de **CHESF** en la región noreste ocupada con la construcción del proyecto **Paulo Afonso**, como se mencionó anteriormente. Sin embargo, desde 1952, **ELETRORAS**, una agencia especial del Gobierno Federal, estaba operando en la provisión de recursos para las empresas estatales y en la centralización de las acciones políticas del gobierno relacionadas al suministro de energía eléctrica para el país.

Estas agencias se establecieron como compañías gubernamentales, estaban subordinadas a **ELETRORAS** y se transformaron en una compañía "holding" del Gobierno Federal, concentrando recursos federales disponibles para los proyectos de energía y para la construcción de presas. A mediados de los años setenta, en términos prácticos, el gobierno - (federal y estatal) era poseedor de las compañías que habían eliminado a sus competidores privados, los cuales estaban siendo absorbidos o extinguidos completamente a lo largo del proceso.

Se diseñaron proyectos hidroeléctricos y de una presa principal y los construyeron las agencias

gubernamentales federales durante ese período. Además de lo arriba expresado respecto a **FURNAS** y **ELETROSUL**, **ELETRONORTE** construyó **Tucuruí**, incorporando una planta de energía de 4.000 MW (primera parte de un proyecto de 8.000 MW), de 93 m. de altura, de tierra y hormigón; y un vertedero de 110.000 m<sup>3</sup>/s - el primer o segundo en tamaño en el mundo y **CHESF** era responsable del proyecto de **Xingó** de 5.000 MW con una altura de 140m. CFRD, ambos proyectos eran impresionantes comparados con cualquier otro proyecto estándar.

Las organizaciones estatales evolucionaron compitiendo contra operadores de energía eléctrica privados extranjeros que dominaron, por ese tiempo, la construcción de presas, la producción hidroeléctrica y la distribución de poder en los más importantes estados industriales del centro sur y sur del país. A fines de la década del 60, casi todas las compañías privadas que operaban en cada estado habían sido compradas por las empresas del estado correspondientes, que dominaron, después de esto, en su área, la construcción de presas y el negocio de generación de energía eléctrica.

## EL ÚLTIMO PERÍODO DE DESARROLLO DE PRESAS (1975 - 2000)

Un proyecto hidroeléctrico y de presa que merezca una referencia especial es **ITAIPU** (1982), un proyecto Brasileño-Paraguayo patrocinado, diseñado, construido y equipado por Brasil con la variada participación de ingenieros y proveedores brasileños y extranjeros. Éste es un proyecto de 14.000 MW (del que se instalaron 12.600 inicialmente y 1.400 están siendo actualmente incorporados), y es el proyecto hidroeléctrico más grande del mundo y la "joya de la corona" de la ingeniería de presas brasileña. Incorpora 20 unidades, cada una de 700 MW de capacidad de rendimiento, una presa de hormigón de 196 m de altura con los estribos de terraplén de relleno de roca y un vertedero en cascada de 60.000 m<sup>3</sup>/s .

Durante el período de control y gestión directo del gobierno sobre Sistema Eléctrico Brasileño, el progreso en la ingeniería, diseño y construcción de presas y plantas de energía fue impresionante con muy pocas semejanzas, en ese momento, en otras partes del mundo. Cada una de las mayores empresas desarrolló sus propios cuerpos técnicos, la contratación y el personal de entrenamiento bajo sus propias premisas y en las universidades y las escuelas técnicas que incluye los laboratorios de investigación y los propios sitios de construcción, enviando a las personas al extranjero para recibir entrenamiento técnico avanzado e intercambio de experiencia, principalmente en Europa Oriental y América del Norte, y contratando y reteniendo a los ingenieros con gran experiencia en todos los campos del arte.



**Figura 04 - Construcción de Itaipu y de la cara de la presa de Enrocado con Cara de Hormigón, de Xingó**

Los laboratorios de investigación y de tecnología aplicada creados por las empresas, o directamente en asociación con las universidades, para desarrollar y apoyar la ingeniería civil y el diseño de presas, construcción y funcionamiento, jugaron un papel muy importante afianzando la base tecnológica en la que se logró el progreso. Las organizaciones como **IPT – Instituto**

Tecnológico de la Universidad de São Paulo, CEHPAR – Centro de Investigación de Hidrología, y Laboratorio Hidráulico, FURNAS y CESP - Laboratorios de Materiales y Hormigón de Ilha Solteira, fueron instrumentales a ese respecto y adquirieron internacionalmente reputación de excelencia en sus campos específicos.

Además, en ese período, se crearon o extendieron significativamente algunas de las más grandes empresas de la construcción y consultoras en ingeniería brasileña asociadas con el diseño y construcción de presas. Como resultado, el desarrollo de la ingeniería de presas y el diseño y construcción de plantas de energía hidroeléctricas produjo, a comienzos de los años ochenta, una industria técnicamente avanzada y muy poderosa, formada por empresas operadoras, ingenieros consultores, contratistas de la construcción y estructuras, proveedores de equipos y organizaciones de investigación técnica. Por ese tiempo algunas de esas compañías brasileñas empezaron a trabajar compartiendo su experiencia con otros países, inicialmente en América del Sur y después en otras partes del mundo.

A comienzos de los años ochenta, la economía brasileña entró en un período de estancamiento resultado de varios factores incluso por los aumentos en el precio internacional del petróleo, elemento del cual el país era sumamente dependiente, e inestabilidades en los mercados financieros mundiales, en general. Este período causó la paralización de aproximadamente veinte proyectos de presas que sufrieron la falta de fondos para proceder con la construcción ya empezada en algunos otros casos, a pesar de la concesión a algunas empresas, estas no pudieron ni siquiera comenzar los trabajos. A pesar de la situación bastante desfavorable de comienzos de los años ochenta a fines de los años noventa, los proyectos de presas grandes como **Itaipu** procedieron a la realización y **Tucuruí** completó su primera etapa (4.000 MW). Otros proyectos importantes como la presa **Xingó** (CFRD) de 5.000 MW y con una altura de 140 m.; el proyecto **Segredo** (CFRD) de 1.200 MW, 140 m. de altura, y el proyecto de presa Emborçãõ de 1.192 MW, 158 m. de centro de tierra y relleno de roca, el proyecto Ita de 1.450 MW, 125 m. de altura CFRD y los proyectos de presas HCR de Jordão de 95 m. alto y Salto Caxias de 1.240 MW, 67 m. de altura, procedieron a su construcción y se completaron durante ese período.

Presas Tipo	Cantidad	Altura (m)	Iniciado en el Mundo	Iniciado en el Brasil
Enrocado Com Cara de Hormigón	10	200 (Campos Novos)	1931	1975
Hormigón Compatado com Rodillo	47	95 (Jordão)	1982	1986

Por otro lado, disminuyendo las oportunidades de trabajo en el país, muchos segmentos de la industria, principalmente consultores, contratistas y proveedores, fueron impelidos a buscar trabajo en el extranjero especialmente en países donde la construcción de presas y de plantas de energía hidroeléctrica representaba una necesidad para apoyar el desarrollo económico y social.

Los brasileños han tenido una participación significativa en proyectos grandes, tanto en el estudio y la construcción, en proyectos como **TSQ-I**, 190 m. de altura CFRD en China, el proyecto **Bakun** en Malasia de 2.500 MW, 205 m. de altura CFRD, el proyecto de 190 m. de altura en **Seven Oaks**, presa de centro de tierra en California, EE.UU., el proyecto de presa HCR **Miel I** de 180 m. de altura en Colombia, el proyecto de presa de hormigón de gravedad **Huites** de 160m. de altura en México y el proyecto **Capanda** HCR de 104 m. de altura en Angola.

## PRIVATIZACIÓN (1995 > ?)

La situación financiera y económica de algunas empresas estatales del país previno que el aumento de recursos de capital exigía mantenerse al ritmo de las grandes necesidades del País en la construcción de presas e hidroeléctricas. La consecuencia era el retorno al mercado privado para financiar la expansión de la Privatización del sector energía eléctrica y la construcción de presas que realmente en Brasil significó la completa reformulación de las reglas de funcionamiento y el acceso a la concesión de sitios de energía. Se vendieron a manos privadas una importante empresa generadora eléctrica federal y algunas grandes compañías de energía pertenecientes a los estados de la Unión, algunas de ellas conectadas a corporaciones internacionales. Esto ha traído una afluencia de capitales y, como consecuencia, la retomada del proyecto de presas y plantas de energía que estaba estancado. Los proyectos importantes como el de **Serra da Mesa** de 1200 MW, el de la presa de HCR de **Cana Brava** de 450 MW, el de CFRD **Itapebi** de 450 MW, el de CFRD **Barra Grande** de 690 MW y el proyecto de HCR **Lageado** de 1000 MW comenzaron y están procediendo con éxito bajo la responsabilidad financiera de diseñadores privados pero completamente manejados y técnicamente apoyados por el sistema complejo de consultores, contratistas, proveedores y operadores que se desarrolló durante los últimos cuarenta años.

Se considera que el progreso de construcción de presas en Brasil en el futuro inmediato es prometedor y sostenido. La recuperación de la economía general está manteniendo un crecimiento de aproximadamente 4 a 5 por ciento al año en los requerimientos de energía eléctrica, que continuará siendo dependiente de los recursos hidroeléctricos y de las presas. Los Nuevos requisitos para la interfaz medio-ambiental de proyectos que ya vienen siendo muy estrictos desde comienzos de los años ochenta y el predominio de finanzas privadas, ha producido los cambios en el modo de encarar un diseño y en la construcción, que era y es llevada a cabo por todos los interesados de una manera eficaz y profesional. Todos los paradigmas de la historia de la ingeniería de presas en Brasil son de éxitos y logros, no sólo en las cuestiones intrínsecas de las características técnicas y económicas de los proyectos sino también en los beneficios producidos para la población brasileña

## EL DESARROLLO RACIONAL Y LAS REGLAS MEDIO-AMBIENTALES

Brasil es un país conocido por sus abundantes recursos acuíferos. Salvo la región del noreste que es semiárida, la mayor parte del país comprende dos de las más grandes cuencas mundiales, la cuenca del Amazonas y la del Plata, de las cuales algunos afluentes también se incluyen en la misma categoría.

El desarrollo racional de semejante riqueza natural provocó el desarrollo de diseños de presas a partir del último cuarto del siglo diecinueve. Las lecciones importantes fueron y todavía son aprendidas, claro que a veces de los proyectos menos exitosos, como en todos los campos del esfuerzo humano se aprende de los aciertos y de los errores. Siguiendo una tendencia global, la consideración de efectos medioambientales relacionados a la construcción y funcionamiento de presas se ha vuelto muy importante en Brasil en las últimas dos décadas. La energía hidroeléctrica continuará siendo la más importante durante muchos años, ya que el potencial explotable restante se estima en el orden de 190.000 MW.

Por esta razón, desde los años 70, el sector eléctrico ha estado desarrollando y ha publicado procedimientos de valoración de impactos medio-ambientales y manuales para la aplicación uniforme en todos los nuevos proyectos que exige la construcción de presas para producir energía. Ésta es conforme a la ley federal de 1981, reforzada por la Constitución Federal de 1988 que estableció el procedimiento de la autorización de desarrollo de los recursos naturales que significativamente afecta el ambiente. Según tal procedimiento legal, todos los efectos son esperados.

Aunque la complejidad y costes del proceso de implemento completo han aumentado considerablemente en el caso de las más recientes presas construidas en este país, los resultados finales son indudablemente de mucha más calidad en lo que se refiere a los beneficios globales, pero particularmente con respecto a la reubicación de la población y a la conservación de biodiversidad.

Un ejemplo excelente de un programa medioambiental extenso y exitoso es el que está llevándose a cabo en **Itaipu**. En este caso, los esfuerzos están desarrollándose juntamente entre brasileños y paraguayos, a partir de un esquema de Binacional. De la experiencia se aprendieron muchas lecciones, como la de la planificación y la de la actual gestión de un embalse situado en un área que ha sufrido históricamente el impacto de la expansión agrícola. Las medidas que mitiguen y compensen la recuperación social y económica y la supervisión de la biodiversidad terrestre y acuática, incluso la reforestación, la calidad del agua, la conservación de la tierra y de la fauna tienen que ser discutidas con los accionistas y con los segmentos de la población afectada.

Las lecciones importantes fueron y tienen que ser aprendidas, por supuesto que de los proyectos menos exitosos como en todos los campos del esfuerzo humano, pero ellos también se capitalizan para el beneficio de una mejora de desarrollos futuros, así como la ecología tropical y subtropical que requieren cuidados muy especiales para evitar problemas graves y consecuencias indeseables.

No menos importante ha sido la experiencia ganada con la reubicación de la población relacionada a los recientes proyectos donde los accionistas y el involucramiento público han sido decisivos para la aplicación de soluciones razonablemente exitosas, como los casos de las presas de **Nova Ponte**, **Salto Caxias** y de **Ita**. Recientemente, un nuevo paso adelante se dio hacia la dirección medioambiental integrada de presas y embalses: dos plantas de energía existentes en el Estado de Minas Gerais fueron certificadas por reconocidos comités

internacionales de certificación según la serie de normas ISO 14.000.

La experiencia brasileña en la aplicación y funcionamiento de presas grandes y de plantas hidroeléctricas se ha discutido en las reuniones organizadas por el Comité Nacional de Presas (CBdB) y publicada para el uso de la comunidad de ingeniería de presas, enfrentando el desafío de promover el desarrollo social y económico con efectos aceptables en el medio ambiente.

---

## TIPOS DE PRESAS

La inmensidad territorial, asociada a la diversidad étnica, cultural y climática, hace que Brasil no tenga una predominancia en el tipo de Presas, y posea de ese modo, una diversidad notoria que haga a los profesionales buscar prácticas y soluciones típicas y específicas.

## SANTANDER - ESPAÑA

Presa	Objetivo	Provincia	Periodo de Construcción	Tipo	Altura	Longitud de la Cresta	Hormigón	HCR	Suelo	Roca	Tipo de Turbina y Potencia	Avenida del Vertedero	Aspectos Importantes
Cedro	Abastecimiento	Ceará	1890 - 1909	Arco Gravedad	20	415	60.000		51.000			142	Primera Gran Presa en Brasil
Acarapé do Meio	Abastecimiento	Ceará	1909 - 1924	Arco Gravedad	33	268	85.000					1.080	Primera en Piedra Argamasa en Brasil
Funil	Energía	Rio de Janeiro	1961 - 1969	Arco Doble Curvatura	85	385	270.000				3 Francis 72	4.400	Primera en Arco Doble Curvatura en Brasil
Jupia	Energía	São Paulo- Mato Grosso do Sul	1964 - 1974	Tierra; Roca; Hormigón	42	1.083	1.300.000		4.000.000	2.000.000	14 Kaplan de 103	49.000	Estudios de Basalto Expansivos; Primera refrigeración; Estudios Reacción Álcalis Agregados; Estudios Materiales Puzolánicos; Incorporación de Aire; Premontaje de Armadura
Peti	Energía	Minas Gerais	1.946	Arco Doble Curvatura	46	85	15.000					514	Observación de la Reacción Álcalis Agregados
Paraibuna	Energía	São Paulo	1964 - 1978	Tierra	94	1.285	40.000		7.900.000		2 Francis de 43	110	Primera de Gran Altura en Suelo en Brasil
Paraitinga	Energía	São Paulo		Tierra	105	719			617.000			671	Primera de Gran Altura en Suelo en Brasil
Ilha Solteira	Energía	São Paulo- Mato Grosso do Sul	1965 - 1978	Tierra; Roca; Hormigón	71	6.185	3.675.000		20.240.000	3.280.000	20 Francis de 166	34.283	Aceros de Alta Adherencia; Enmiendas Metálicas; Intenso Uso de Premoldados; Menor Consumo de Aglomerantes; Temperatura de Lanzamiento (7°C); Cámara de Compensación de Presión; Correa Transportadora para Hormigón; Chute para Transporte Vertical; Dominio del Hormigón en masa
Moxotó	Energía	Alagoas- Bahia	1971 - 1977	Tierra; Roca; Hormigón	30	2.825	515.000		1.500.000	2.930.000	4 Francis de 110	280.000	Observación de la Reacción Álcalis Agregados
Foz do Areia	Energía	Paraná	1975 - 1980	Enrocado con Cara de Hormigón	160	850	584.000			14.000.000	6 Francis de 420	11.000	Primera de enrocamento con Cara de Hormigón en Brasil; Transporte del Hormigón con Canaleta
Tucuruí	Energía	Pará	1975 - 1984	Tierra; Roca; Hormigón	95	9.574	66.000.000		55.400.000	20.400.000	22 Francis de 330	110.000	Mayor Vertedero en el Mundo
Itaipu	Energía	Brasil - Paraguai	1975 - 1984	Tierra; Roca; Hormigón	196	9.900	13.000.000		16.700.000	15.000.000	20 Francis de 715	62.200	Mayor Altura en Brasil; Mayor Generadora de energía del Mundo; Estudios de CCR; 343.000m <sup>3</sup> mensual; Intenso uso de Encofrado Deslizante;
Emborcação	Energía	Minas Gerais	1977 - 1982	Tierra; Roca; Hormigón	158	1.607	400.000		3.900.000	18.475.000	4 Francis de 300	7.700	Gran Altura con Núcleo de Arcilla
Nova Olinda	Irigación	Paraíba	1.986	CCR	56	240		135.000					Primera Presa Brasileña en CCR; Construida en 110 días
Serra da Mesa	Energía	Goiás	1984 - 1998	Tierra; Roca; Hormigón	154	1.500	220.000		6.074.000	8.129.000	3 Francis 431	15.000	Primera Hidroeléctrica Concesionada
Xingó	Energía	Sergipe - Alagoas	1987 - 1994	Enrocado con Cara de Hormigón	150	800	1.320.000		2.271.000	15.641.000	6 Francis de 500	33.000	Hormigón Bombeado con bajo tenor de aglomerante; Forma deslizante y Armadura Premontada
Derivação do Rio Jordão	Energía	Paraná	1994 - 1996	CCR	95	850	65.000	600.000			2 Francis de 3,5	7.500	Más Alta Presa de CCR en Brasil; Primera con uso de Polvo de Piedra
Salto Caxias	Energía	Paraná	1995 - 1998	CCR	67	1.083	438.000	1.000.000			4 Francis de 310	49.600	La Mayor Hidroeléctrica Brasileña en CCR, con el Mayor Vertedero con Compuerta
Igarapava	Energía	São Paulo- Minas Gerais	1995 - 1998	Tierra; Roca; Hormigón	32	1.040	215.000		702.000		5 Bulbo de 42	14.300	La primera Hidroeléctrica Brasileña con Turbina Bulbo
Campos Novos	Energía	Rio Grande do Sul - Santa Catarina	En Construcción	Enrocado con Cara de Hormigón	201	592	334.388		280.000	12.504.000	3 Francis de 294	18.300	La más alta Presa del Mundo en Enrocamento con Cara de Hormigón

Figura 05 – Dados dos Principais Tipos de Barragens e Hidrelétricas, até 2003

## ASPECTOS TÉCNICOS

### Aspectos de los Proyectos

En los últimos treinta años se observaron algunos puntos relevantes en el ámbito del detalle de los proyectos. Como ejemplo, se puede citar:

- ✚ Utilización de las Cámaras de Compensación de Presión en la Ilha Solteira, Itaipu, Porto Primavera;
- ✚ El empleo del acero de Alta Adherencia, como medida para equilibrar mejor los inconvenientes de las grietas en los trabajos hidráulicos, inicialmente adoptada en Ilha Solteira;
- ✚ La ausencia de armadura en el umbral del Vertedero de Ilha Solteira;
- ✚ La optimización de la armadura de la Caja Espiral de la Casa de Máquinas de Itaipu;
- ✚ Estudio de las zonas de las Clases de Hormigón con base en las tensiones previstas, adoptada inicialmente en Ilha Solteira;
- ✚ Hormigón de Paramento, sin Armadura de Piel, adoptado en varios proyectos de Presas

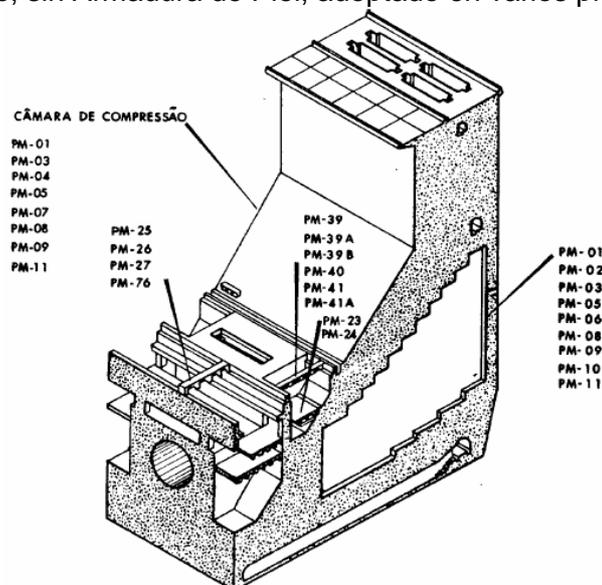


Figura 06- Cámara de compensación de presión utilizada inicialmente en Ilha Solteira (1970)

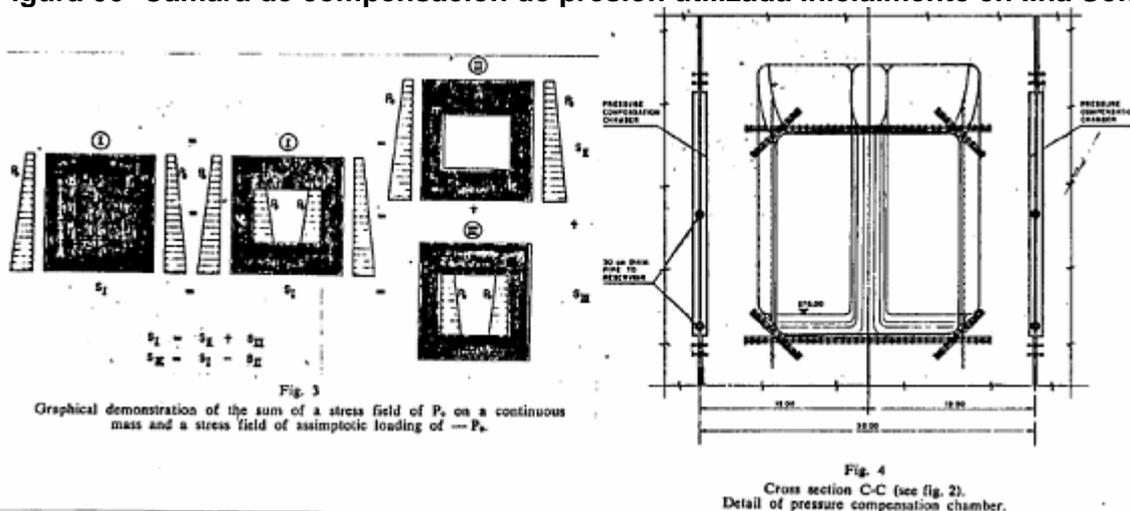


Figura 07- Esquema estructural adoptado, con la cámara de compensación de presión y uso de aceros con perfil de alta adherencia (1970)



Figura 08- Superficie de hormigón del Vertedero de Ilha Solteira, sin empleo de armadura (1970)

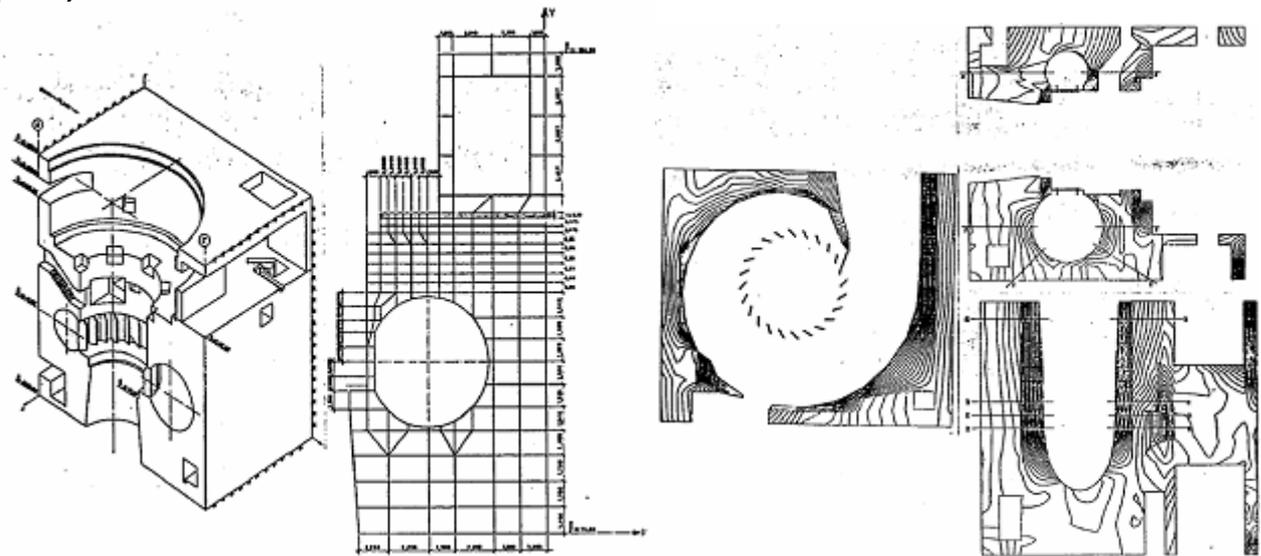


Figura 09 – Esquema da Caja Espiral de Itaipu para hacer la discretización de la estructura y Curvas de Tensiones consecuente del Estudio de Elementos Finitos (1980)

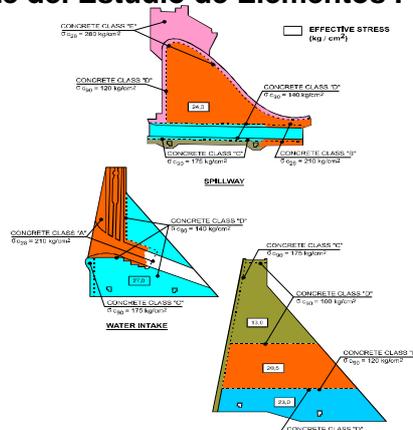


Figura 10- Estudio de las Zonas de la Estructura con uso de diferentes Clases de Hormigón, desde los años 1970.



Figura 11- Hormigón de Masa, sin armadura de piel en las caras

## Aspectos de Materiales y Hormigones

El conocimiento y las investigaciones sobre los materiales y hormigones tuvieron un gran impulso en las tres décadas precedentes, fruto del incentivo y la conveniencia de las Estatales del Sector Eléctrico Brasileño. Algunos ejemplos son los siguientes:

- ✚ La dosificación de los hormigones con la Incorporación de Aire, como inicialmente se adoptó en las presas de Funil, Peixoto (Mascarenhas de Moraes) y Jupia;
- ✚ El conocimiento y adopción de previsiones con respecto a las Reacciones de los Álcalis Agregados, desarrolladas por la CESP para la presa de Jupia;
- ✚ El conocimiento y empleo de materiales puzolánicos, como inicialmente adoptó CESP, también para Jupia;
- ✚ El desarrollo en conjunto con las industrias de los Cubre Juntas (Fugemband) de PVC;
- ✚ El conocimiento sobre los agregados obtenidos a partir de rocas expansivas debido al comportamiento de los minerales arcillosos, tipo Nontronita y Monte-morilonita;
- ✚ El desarrollo y opción de hormigones de varios tipos, principalmente el Puzolánico;
- ✚ La preocupación por reducir los consumos de aglomerantes en los Hormigones de Masa, como la Mezcla 152-ET-22 usada en la presa de Ilha Solteira, con 63 Kg/m<sup>3</sup> de Cemento y 21 Kg/m<sup>3</sup> de Puzolana de Arcilla Calcinada;

Material	Unidad	Valor
Agua		82
Cemento		63
Puzolana	Kg/m <sup>3</sup>	21
Arena Natural		424
Agregado (19- 5)mm – Ripio		373
Agregado (38- 19)mm – Ripio		411
Agregado (76- 38)mm – Ripio		566
Agregado (152- 76)mm –Basalto triturado		531
Revenimiento	(cm)	4 + 0,5
Aire Incorporado	(%)	6 + 0,5
Temperatura de Colocación	(°C)	7
Resistencia Media Obtenida a los 180 días	(MPa)	16,5
Resistencia Media Obtenida a los 365 días		18,6
Coefficiente de Variación a los 180 días	(%)	16,5

- ✚ La preocupación con el aumento del Diámetro Máximo del agregado en los hormigones, con objetivo de reducción del consumo de aglomerante;
- ✚ Uso de arena artificial, en la usina de Peixoto, producida por molinos de barras;
- ✚ Verificación de la posibilidad de uso de la inclusión de Polvo de Piedra, en los hormigones convencionales;

- ✦ Evaluación de las propiedades de los materiales y de los hormigones en varios Laboratorios de las empresas del Sector Eléctrico.

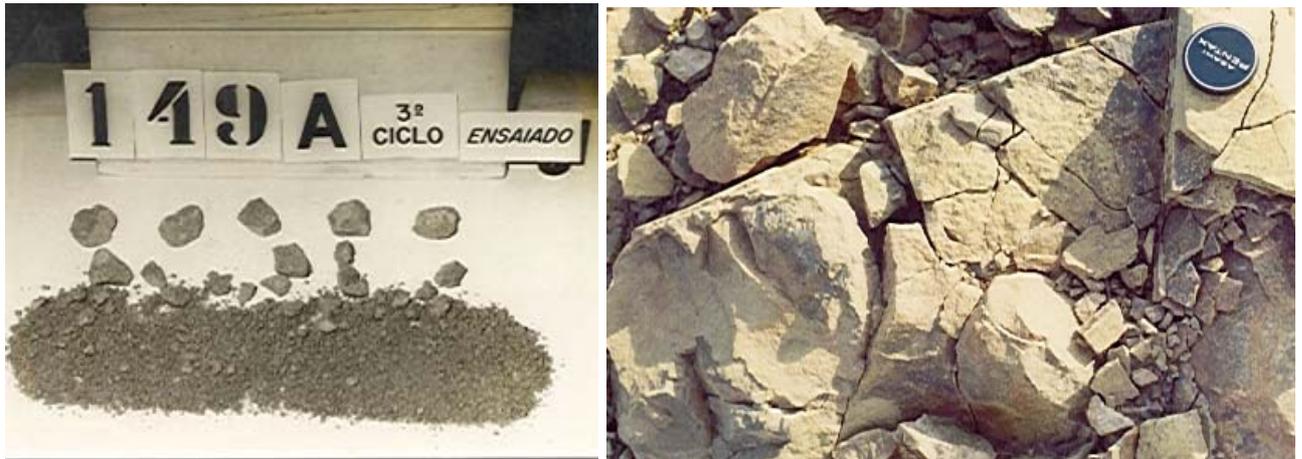


Figura 12- Conocimiento del aspecto expansivo de basaltos con minerales arcillo-expansivos (1960)



Figura 13- Conocimiento del aspecto expansivo consecuente de las Reacciones Alcalis-Agregados (a partir de 1960)



Figura 14- Uso de arena artificial en hormigones convencionales y el interés por los finos, no arcillosos (a partir de los años 70)

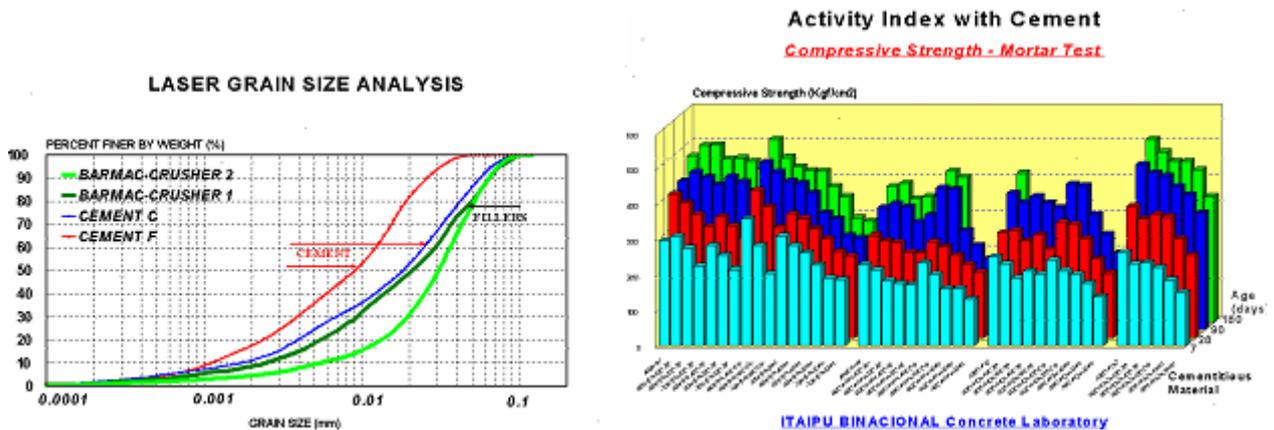


Figura 15- Conocimiento del desempeño de finos con aspectos de la Actividad Puzolánica (Años 80)

## Aspectos de Equipos

El Sector Eléctrico también posibilitó la adopción de varios equipos utilizados en la producción, transporte, colocación, compactación, refrigeración del hormigón, como se hace evidente en los ejemplos siguientes:

- ✚ La utilización de los tanques clasificadores de arena;
- ✚ Trituradores para la producción de arena artificial;
- ✚ La utilización de los sistemas de refrigeración de los materiales y del hormigón;
- ✚ La sustitución gradual de las Grúas Tipo Portuario, por las Grúas con mesa baja, de montaje y desmontaje más rápido;
- ✚ La utilización de vibradores de inmersión de gran diámetro, para compactación del hormigón de masa;
- ✚ La adopción de baterías de vibradores acoplados a las plumas de retroexcavadoras;
- ✚ La sustitución gradual de recipientes de hormigones transportados sobre carretas, por los Dumpcretes-Volquetas de Descarga Alta, con los recipientes fijos acoplados a las grúas;
- ✚ La utilización de bandas transportadoras, como equipo auxiliar para el transporte y la colocación del hormigón;
- ✚ La utilización de tuberías para el transporte vertical de los hormigones;
- ✚ La utilización de bombas de hormigón con gran diámetro para hormigón semi-masivo.



Figura 16- Uso de Tanque Clasificador de Arena para ajuste granulométrico, y el empleo de Moledores de Impacto para la producción de arena molida y arredondamiento de los granos de arena (años 70)



Figura 17- La sustitución de las Grúas tipo Portuario (de Mesa Alta) por las Grúas de Mesa Baja (mediados de 1970)

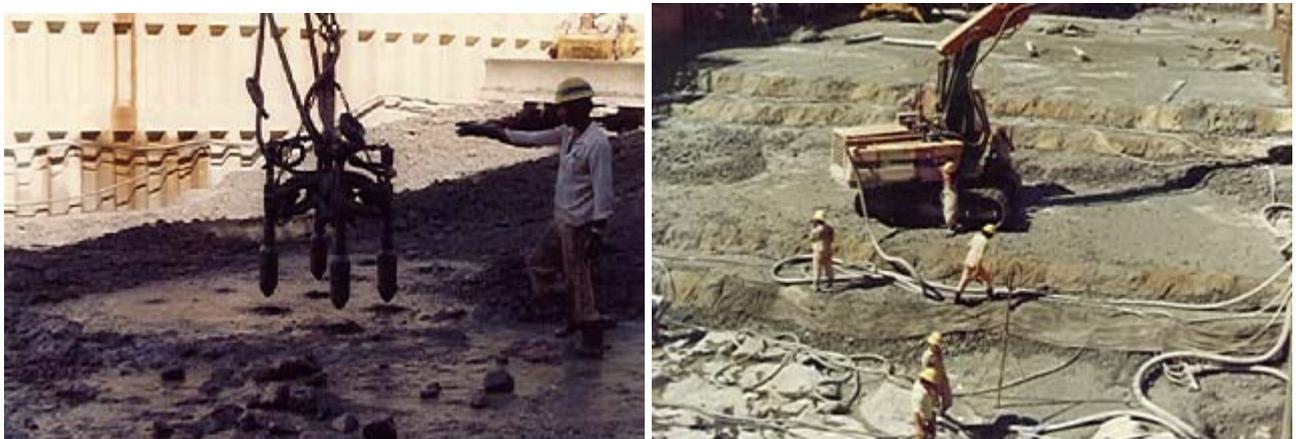


Figura 18- Adopción de “cacho” de vibradores acoplados en la pluma de retroescavadora (años 70)



Figura 19- Sustitución de los Camiones Báscula de Descarga Baja, por los de Descarga Alta, reduciendo el ciclo de las grúas (años 70)

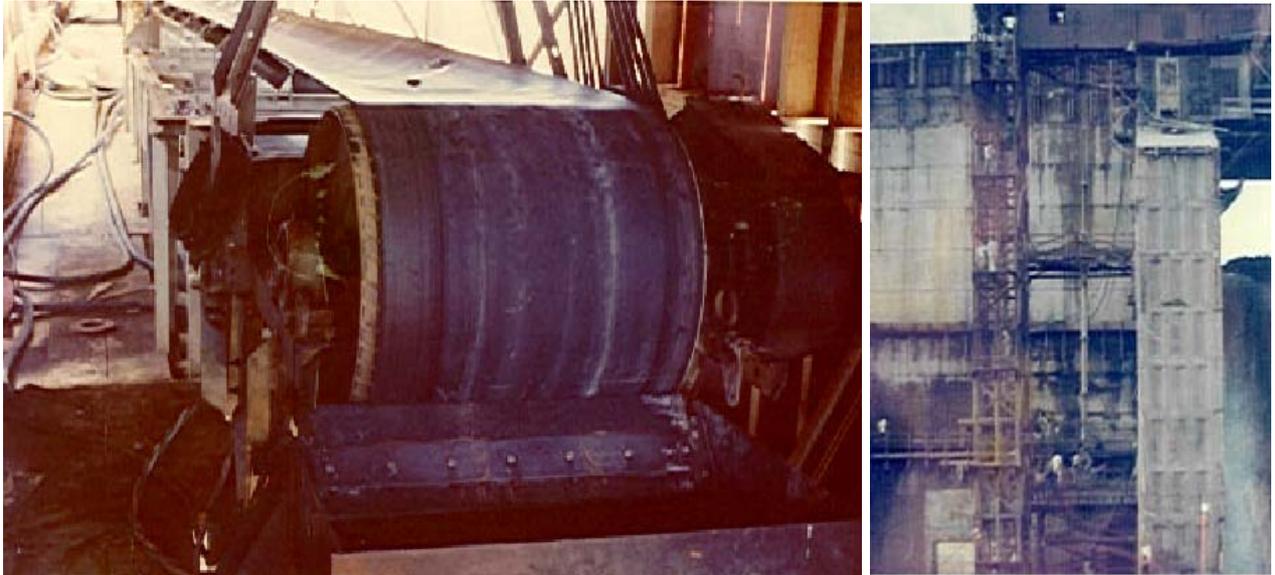


Figura 20- Uso de banda transportadora y chutes como elementos auxiliares en el transporte del hormigón (comienzo de los años 70)

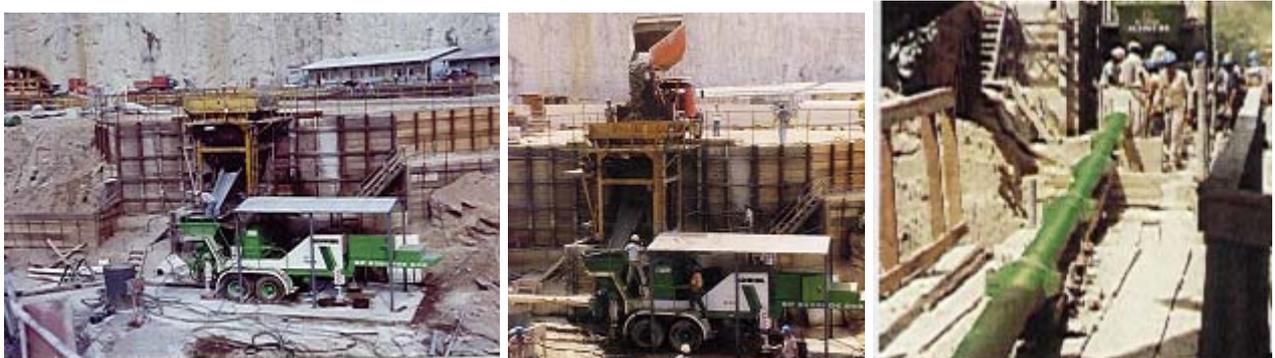


Figura 21- Empleo de Bombas para Hormigón con Tuberías de Diámetro elevado, posibilitando aumentar el Dmax del agregado (80mm) y la consecuente reducción del consumo de aglomerante (mediados dos años 80)

## Aspectos de Técnicas de Construcción

La dinámica de las construcciones, en esa época, la disposición de los profesionales para resolver los problemas, la ambición por la novedad, hicieron posible el desarrollo y la aplicación de Técnicas de Construcción a gran escala, como se ve a continuación:

- ✚ El empleo de piezas premoldeadas de hormigón;
- ✚ El montaje previo de las armaduras;
- ✚ La utilización de sistemas de empalmes de armadura;
- ✚ Los sistemas de refrigeración;
- ✚ El empleo de hormigones con tratamiento al vacío;
- ✚ El empleo de fibras en los hormigones;
- ✚ La utilización de hormigones con expansores;
- ✚ La utilización de cabos de Protensión de gran capacidad;
- ✚ La utilización de encofrado auto- elevación;
- ✚ La utilización de encofrado deslizantes para estructuras de presas;

- ✚ La utilización de camada extendida y tractores para esparcir los hormigones;
- ✚ El empleo de hormigones con agregado colocado previamente;
- ✚ Las aplicaciones iniciales del Hormigón Compactado con Rodillo.



Figura 22- Uso de Premoldeados de hormigón en estructuras de presas (mediados de 1960)



Figura 23- Uso de armadura pre ensamblada



Figura 24- Uso de hormigón con tratamiento al vacío (años 70-80)



Figura 25- Uso de hormigón con fibras metálicas (años 70-80)

## Aspectos de Planeamiento

Durante ese período productivo de construcción de Aprovechamiento Hidroeléctrico en el país, se puede observar el desarrollo de un grupo de ejemplares profesionales con gran visión de planeamiento de las actividades y de los emprendimientos.



Figura 26- Encofrados de auto- elevación (1977)



Figura 27- Encofrados deslizantes en Casa de Maquina (1980)



Figuras 28- Uso de hormigones de masa en camada extendida (1977)

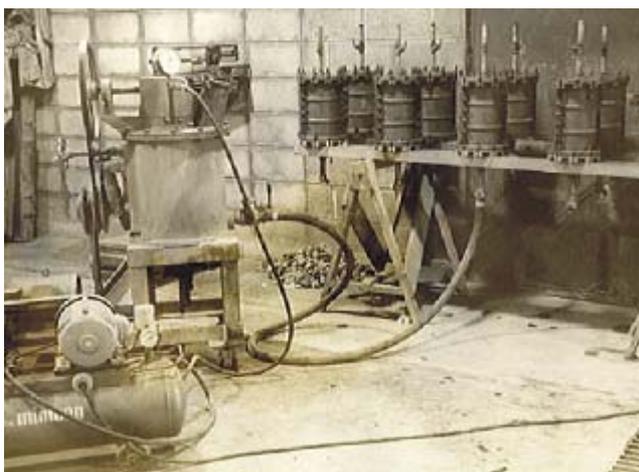


Figura 29- Estudio y empleo de hormigón con agregado precolocado (Ilha Solteira- 1973)



Figura 30- Estudios y aplicaciones iniciales - experimentales del CCR (Itaipu- 1976)

Esas actividades se extenderán hasta el planeamiento de los estudios de materiales y hormigones para las obras, con relativa antecendencia al inicio de las mismas, como se efectuó para el Aprovechamiento de Agua Vermelha -CESP

## Aspectos de la Auscultación

En el transcurso de ese período se instalaron varios instrumentos de auscultación en las obras de presas.

Observando solamente el conjunto de obras de **Itaipu, Ilha Solteira, Tucuruí, Sobradinho, Porto Primavera**, lo que engloba cerca de 26.000.000 m<sup>3</sup> de hormigón, se instalaron cerca de 5.100 instrumentos alcanzando aproximadamente US\$ 2.000.000,00 de costes de adquisición.

Muchos de esos aparatos fueron instalados con carácter Científico de aprendizaje, de evaluación del comportamiento. Otros se instalaron con carácter de Seguridad, para acompañar el desempeño de las estructuras.

En ese aspecto se nota que hubo poco aprovechamiento de las informaciones, lo que causó un cierto descrédito en cuanto al uso de la Instrumentación de Auscultación en las Estructuras de Hormigón.

Eso provino de una cierta dificultad para la interpretación de los datos de instrumentación, como por ejemplo de la necesidad exacerbada de los datos de fluidez y de los parámetros térmicos de los hormigones, siendo que la variación de los valores de esas propiedades, alrededor del promedio tienen poca influencia en las evaluaciones del desempeño de las estructuras.

Lamentablemente, gran potencial de datos se está olvidando por la falta de interpretación de los registros existentes.

La instrumentación de auscultación es una herramienta de gran valía en el reciclaje de las informaciones, en el perfeccionamiento de los proyectos, en el empleo de los materiales con propiedades más adecuadas a la necesidad.

Un dato que se puede citar es el de la auscultación de la CESP en Ilha Solteira, como por ejemplo en las estructuras del Vertedero donde se observa en una determinada roseta extensométrica valores de tensiones de compresión de alrededor de 1,0 a 1,5 MPa, bastante aproximados a las previsiones del modelo estructural del Proyecto. El hormigón especificado para el local (mezcla 76 CT 37) con 111 Kg/m<sup>3</sup> de cemento y 37 Kg/m<sup>3</sup> de Puzolana, presentó los siguientes datos de Resistencia Promedio ( para un total de 330 muestras):

Edad (días)	7	28	90	180
Resistencia Promedio (MPa)	13,2	22,8	25,6	26,3
Coefficiente de Variación (%)				10,3
Resistencia Mínima Característica (MPa)				21,5

Admitiendo un coeficiente de seguridad de 3,0 para los cargamentos normales habría una necesidad de:

$$f_{ck} \geq 3,0 \times 1,5 \text{ MPa} = 4,5 \text{ MPa}$$

Entonces, se observa que el material (hormigón) utilizado tiene propiedad resistente de sobra (21,5/4,5= 4,8 veces).

Eso significa un relativo desperdicio de material.

Se destaca, paradójicamente, que Ilha Solteira fue pionera en adoptar la división en zonas de Clases de Hormigón, con el objetivo de adecuar los niveles de resistencias de las estructuras.

## Aspectos de Inspección y Control de Calidad

El período citado fue fructífero también en la implantación de Laboratorios, como el de CESP-Ilha Solteira; el de FURNAS-Itumbiara y posteriormente Goiania; el de ELETRONORTE- Tucuruí; el de CEMIG- São Simão; el de CHESF-Paulo Afonso; el de ITAIPU BINACIONAL-Foz de Iguaçu, y más recientemente el de COPEL-Segredo. Ese elenco de laboratorios permitió la elaboración de estudios e investigaciones de prácticamente todas las propiedades de los varios tipos de hormigones.

Se incorporaron centenas de ensayos de larga duración, de propiedades térmicas, de deformaciones, dando la certeza de que pocos países poseen una fuente semejante. Ese desarrollo permitió, también, la prestación de servicios a otros países, en obras de gran porte.

La "ERA" de los Laboratorios dio origen a la etapa de Inspección de las varias actividades en el Proceso de Construcción de las Presas. Eso con el objetivo de optimizar el consumo de los materiales y la reducción de costes. El sistema de Inspección y Control de Calidad salió de los Laboratorios y se dirigió para el Sistema de Producción de Agregados, para las Centrales de Hormigón, para el transporte y colocación de los hormigones.

Posteriormente salió del ámbito de los canteros de las obras en dirección a las fábricas de cemento y productores de material puzolánico, de las siderúrgicas proveedoras de barras de acero, de los proveedores de aditivos y cubre juntas.

Posteriormente se partió para el concepto de precalificar los materiales y los eventuales proveedores. Todo ese conjunto de acción permitió, a los constructores de presas brasileños, el conocimiento y la seguridad para que Brasil fuera el único país en utilizar, hasta el momento, hormigones de masa convencionales (sin considerar el Hormigón Compactado con Rodillo) con menos de 100Kg/m<sup>3</sup> de aglomerante, como en **Ilha Solteira, Agua Vermelha, Tucuruí, Porto Primavera, Itaipu.**

## Aspectos de Formación y Entrenamiento de Profesionales

Con la carencia de mano de obra, para esos emprendimientos, hubo una necesidad de entrenamiento a gran escala. Las empresas del Sector Eléctrico, de una cierta forma, comandaban esa acción junto a las empresas de Proyecto y Consultoría, y junto a los Contratistas Constructores, y de una cierta y tenue manera indujeron a las Escuelas de Ingeniería y Tecnología a incluir algunas orientaciones sobre la Construcción de Presas.

Producto de esa etapa inicial, principalmente las Constructoras extendieron el proceso de entrenamiento en busca de Productividad y Desarrollo, posibilitando la salida del País para la conquista de contratos en otros países.

## Aspectos de Gestión

La Gestión, en ese período, fue ejercida, casi en su totalidad, por las empresas Estatales del Sector Eléctrico. A partir de los años 80 es que esa actividad comenzó a ser desarrollada por empresas privadas.

## ASPECTOS ACTUALES Y TENDENCIAS

### Especificaciones Técnicas

Es conveniente que se haga un reciclaje de los estándares establecidos en las Especificaciones Técnicas.

La etapa de la “Tutela Técnica” cuando la Especificación trataba de ser un documento de enseñanza, como todavía se observa (por ejemplo, las especificaciones sobre Hormigón Projectado que normalmente son más voluminosas que aquéllas que las contienen), probablemente se deba terminar.

Las Especificaciones deben exigir cualidades y propiedades del “**Producto**”, quedando el “**Proceso**” bajo la responsabilidad de aquél que se propone ejecutar, construir el Producto. Deben definir y exigir responsabilidades, deben evitarse las intervenciones y las interferencias. Debe exigirse la debida atención a las características, a las propiedades.

### Proyecto

La Nueva Realidad hace pensar en algunas posibilidades o necesidades.

- ✚ Los Proyectos Básicos para la Licitación deberán ser más detallados (definiciones de yacimientos, calificación de materiales, condiciones de fundaciones, etc.), con pocas o mínimas condiciones de alteraciones, o;
- ✚ Los Proyectos Ejecutivos deberán ser incorporados a la Licitación de la propia obra, o;
- ✚ Ambos

De cualquier manera que se redireccione, es importante que algunas provocaciones sean hechas.

- ✚ Fisuras de Obras Hidráulicas. La compatibilidad con las Normas y la Experiencia. El abordaje de ese tema en los Informes del Proyecto;
- ✚ Adopción de Resistencia Característica (Mínima Requerida) ,o de otra propiedad de interés, más cercana a la realidad, reduciendo costes, pero siempre manteniendo la calidad y la seguridad;
- ✚ Empleo de armadura en locales, realmente necesarios, y en tasas adecuadas y compatibles con Normas actualizadas;
- ✚ Establecer salvaguardas de Proyecto que posibiliten acciones de inspección y/o correctivas.



Figura 31- Empleo de armadura en locales, realmente necesarios, y en tasas adecuadas y compatibles con Normas actualizadas



Figura 32- Empleo de armadura en zona del Tubo de Aspiración y en Secundario de la Caja de la Turbina



Figura 33- Ausencia de armadura en las galerías

## Materiales y Hormigones

La utilización de Material Puzolánico, inicialmente adoptado en algunas obras del Sector Eléctrico, ha estado aumentando en la Industria Nacional de Cemento.

La creciente preocupación respecto a la Reacción de los Álcalis-Agregados, obliga a dejar registrada una recomendación importante en cuanto al uso de Cemento Portland Puzolánico para el combate a la Reacción Álcalis-Agregados.

**DEBE SER EVALUADA LA REAL CAPACIDAD INHIBIDORA DEL MATERIAL PUZOLÁNICO USADO PARA LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO, EN REDUCIR LA EXPANSIÓN PRODUCTO DE LA REACCIÓN DE LOS ÁLCALIS CON LOS AGREGADOS.**

La utilización de la Micro-Sílica se ha evaluado a través de estudios en los varios laboratorios, y su aplicación en las obras de presas se ha practicado en la ejecución de reparos.

El empleo del “Polvo de Piedra” - subproducto del triturado para la producción de arena triturada ha ido aumentando. No sólo para mejorar la consistencia e impermeabilidad del Hormigón a Rodillo, como también para los hormigones convencionales.

En este punto se debe recordar que la existencia de arena natural, tanto en el sur y sudeste de Brasil como en las regiones de las futuras presas, es cada vez menor, tornándose casi obligatorio el uso de arena artificial. Esa situación se nota en todo el Mundo.

Se encuentra en el mercado una amplia gama de Aditivos y Modificadores de comportamiento de las propiedades de los hormigones, con asistencia técnica de los proveedores cada vez más cercana a los consumidores.

Las fibras para uso en el hormigón están teniendo un uso mayor en la ejecución de hormigón proyectado, con mejoras sensibles en la capacidad de alargamiento.

Las mantas de PVC, disponibles en el mercado, se tornan y comprueban sus propiedades como elemento de impermeabilización.

Los estudios sobre el Hormigón Compactado con Rodillo desafiaron a algunos profesionales, a evaluar las combinaciones de ciertos suelos con determinados aglomerantes, para un eventual empleo como elemento estructural de presas.

## Equipos

La búsqueda de la mejora de la Productividad y la Reducción de Costes, hace surgir equipos más versátiles, de mayor movilidad, de un montaje más fácil, más barato.

Los Países con Mano de Obra más valorizada han sido, de cierta manera, los vectores del desarrollo de esa área.



**Figura 34- Centrales de Hormigón del tipo “low-profile” de gran movilidad, y montaje rápido**

Los Constructores Brasileños a la medida de las necesidades y disputas, en el País o en el Exterior, han incorporado nuevos equipos como algunos de los citados a continuación:

- ✚ Trituradores para la producción de arena artificial, con un incremento en la cantidad de finos (material inferior a 0,075mm);
- ✚ Centrales de Hormigón del tipo “low-profile” de gran movilidad, y montaje rápido;
- ✚ Sistema de Bandas Transportadoras para transporte y colocación del hormigón;
- ✚ Banda Transportadora acoplada en Grúas de Lanza Telescópica- Creter Crane;
- ✚ Bombas de Hormigón para hormigón con agregados de Dmax de hasta 80mm;
- ✚ Encofrados de Fácil manipuleo;



**Figura 35- Sistema de Bandas Transportadoras para transporte y colocación del hormigón**



**Figura 36- Banda Transportadora acoplada en Grúas de Lanza Telescópica- Creter Crane**

## Técnicas de Construcción

Las Técnicas de Construcción, de la misma manera que los Equipos, pasan a ser incorporadas en la medida de las dificultades, de la exigencia de reducción de costes, de la dinámica de construcciones.

De cierta manera, con relativa demora, el Hormigón a Rodillo dejó de ser una Técnica sugerida por algunos pocos profesionales abnegados, para adquirir una mayoría a través de las Licitaciones de obras en el Sector Eléctrico.

Afortunadamente, ya se superó la etapa de tener que citar obras en el exterior, datos de ensayos etc., para demostrar las ventajas de esa Técnica, como se hacía en algunos Seminarios y Congresos pasados.

Se observa, inclusive, que hoy en día la técnica ya pasa a ser defendida por Profesionales que anteriormente eran fuertes opositores, o desconocedores del asunto.

O acervo técnico Brasileño sobre el hormigón producido con auxilio de esa técnica, es de los mayores del mundo, ya sea por la diversidad de materiales o por la profundidad y calidad de los estudios.

También es cierto que algunas propiedades y su comprensión permanecen en debate, tales como el tratamiento de juntas, el uso de hormigón (o argamasa) de liga, hormigones de cara, etc.

Se destaca, como ya fue citado anteriormente, que la práctica Brasileña de construcción de presas en hormigón de masa, es adecuada para cuando se tiene una división de zonas de clases de hormigón, incluyendo una cara de paramento con hormigón de determinado grado de durabilidad, o permeabilidad.

Se resalta, entretanto, que dentro de la práctica brasileña esa cara está desprovista de armadura.

Se sabe también que las estimativas son de que esa división de zonas de clases de hormigón, para el caso del empleo de la Técnica del Hormigón Compactado con Rodillo, caminan hacia el uso de un Hormigón, también, a Rodillo (de dosificación diferenciada del de masa) en la cara de aguas arriba, y no más en hormigón de masa convencional. Ese paso ya se está practicando en obras en otros países.

## Planeamiento

Si no hay descompás de las acciones administrativas del ámbito meramente político, de elecciones, falta de seriedad, y de irresponsabilidad en el manipuleo del dinero público, es de esperarse que el Planeamiento, pase a ser una herramienta extremadamente útil para el ajuste y mejora de los costes y de la calidad de los Emprendimientos, dentro de esa Nueva Realidad.

De esta manera, se pasa a rescatar la "Ingeniería" que se adormeció, principalmente, en la última década, y les quitó motivación a varios profesionales.

El Planeamiento pasa a ser aprovechado en todos sus detalles.

## Auscultación

- ✚ Cómo hacer para evaluar las consideraciones, las hipótesis, la seguridad establecidas en el Proyecto de una estructura?
- ✚ Cómo evaluar el desempeño de esas estructuras?
- ✚ Cómo sacar provecho de los errores, aciertos, exageraciones?
- ✚ Cómo buscar la mejora "sostenida", con los "pies sobre la tierra" ?
- ✚ No sería esa la oportunidad de rescatar la credibilidad de la Auscultación ?

Las presas construidas en Canadá, Estados Unidos, Europa, y también en Brasil, hace más de 30 años presentaron problemas debidos a la reacción de los agregados álcalis, que solamente fueron identificados en la década del 80. Entonces, se confirma la conveniencia y necesidad de adopción de Auscultación.

Sería oportuno que las Entidades con obras instrumentadas aprovecharan los datos, hicieran un reciclaje, una evaluación de los parámetros hipotéticos y reales, los niveles de seguridad, y establecieran un redireccionamiento hacia un nuevo y eventual plan de instrumentación y auscultación.

Los Poderes Concedentes y las Concesionarias de Servicios Públicos, que están envueltas en obras hidráulicas pesadas, cuyas instalaciones a lo largo del tiempo puedan causar riesgos y daños a la región involucrada, deben hacer una la respectiva revisión de los conceptos.

De acuerdo a los datos citados precedentemente, cuando se colocaron de 5.100 instrumentos en 26.000.000 metros cúbicos de hormigón, con un valor de adquisición de esos aparatos de aproximadamente US\$ 2.000.000,00, lo que significó fue menos de 10 centavos de dólar/m<sup>3</sup> de hormigón.

Al evaluarse, en contrapartida el ejemplo de la posibilidad de reducción del consumo del aglomerante citado anteriormente, reduciendo 10 Kg/m<sup>3</sup> de cemento de cada metro cúbico ya se estaría optimizando 1US\$/m<sup>3</sup>.

Se observa, entretanto, que la posibilidad de reducción de aglomerante es mayor aun. Las evaluaciones de los niveles de tensiones – deformaciones en el hormigón, en la armadura, la poro-presión pasarían a ser mejor entendidas. El conocimiento posibilitaría el perfeccionamiento y la optimización.

Hay una necesidad de eliminar el “trauma” de que a Instrumentación de los años 70 es inútil.

## Inspección y Control de Calidad

Una primera indagación que se hace, con la Nueva Realidad:

- + El Constructor puede y debe hacer el Control de Calidad ?

Es importante en este punto hacer un breve comentario:

- + EL CONTROL DE CALIDAD ES UNA “POSTURA”, QUE DEBE SER DE TODOS, Y NO APENAS DE UN GRUPO;
- + El Control de Calidad es el instrumento con que el Ejecutor cuenta para verificar si está atendiendo a las Especificaciones;
- + EL CONTRATANTE DEBE RESERVARSE EL DERECHO DE AUDITAR EL SISTEMA DE CALIDAD DE LOS CONTRATOS.

Por supuesto, sería más valiosa la suma de esas acciones. Es preferible contar con más aliados para un objetivo común. Con esto no se quer decir que se retire del Propietario, o de un Propuesto el derecho a la competencia de una Supervisión.

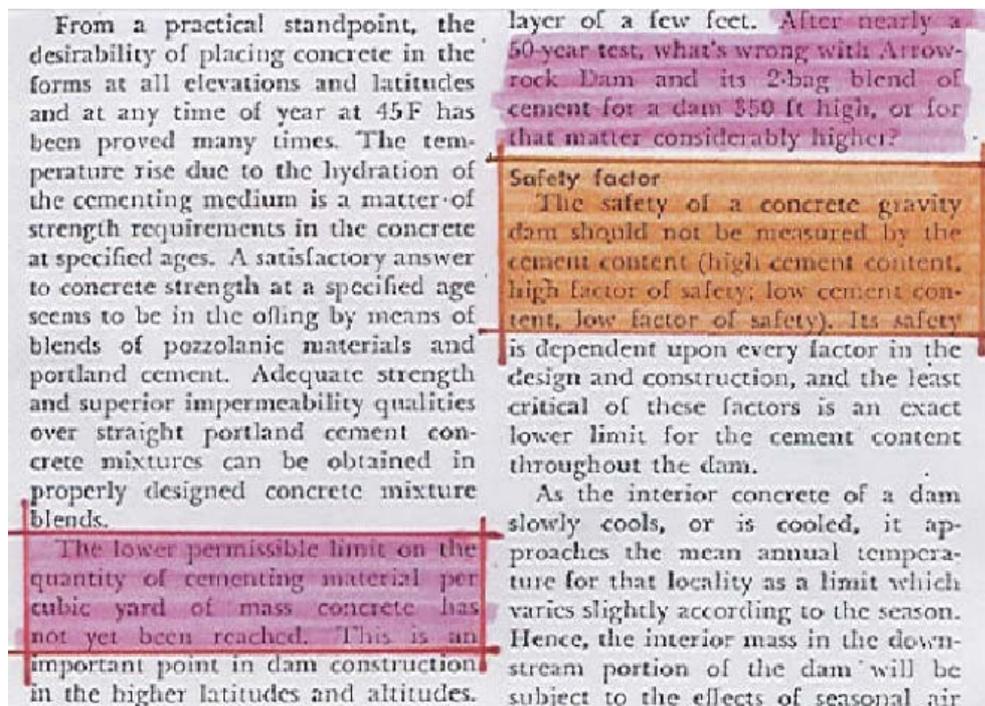


Figura 37- Comentarios sobre el Contenido de Cementante y el Coeficiente de Seguridad

Lo que se quiere sugerir con esto es que TODOS estén comprometidos y preocupados con la Calidad.

Se destaca, como se puede apreciar en la Figura arriba, que el Consumo (alto) de aglomerante no es sinónimo de Calidad, y que el tenor mínimo de cemento todavía no fue alcanzado, lo que podría pasar a ser la meta de todos los involucrados.

## Formación y Entrenamiento

La Nueva Realidad sugiere que el entrenamiento del personal sea más profesional, con visión no sólo en la calidad, seguridad, sino también en las relaciones humanas y en el plan de costes.

Es la "ERA" en que el diálogo prevalece sobre la autoridad.

La necesidad de una integración más intensa y real, entre las Empresas Públicas y Privadas.

Cómo la Enseñanza de la Ingeniería y la de otras Profesiones, debe preparar a los estudiantes, para los nuevos desafíos, para las necesidades de Implantación de Emprendimientos en un Mercado siempre ávido de cambios y adaptaciones, y sin fronteras ?

El uso de la informática como una herramienta, y no como una especialización.

Los idiomas, la postura de comportamiento para representar su Empresa, su País. La ÉTICA.

La experiencia en el exterior ha demostrado que los VALORES ÉTICOS son fundamentales para el trabajo en equipo, sea internamente o externamente a las Empresas, sea en el ámbito Nacional o Internacional.

## Gestión

Las intervenciones del "Desarrollo Sostenido", los parámetros de vida, ecología, comportamiento, respeto, se interrelacionan y requieren una Gestión más amplia, no sólo técnica, de costes, sino de convivencia de mayor alcance.

La Gestión es poco abordada en los Cursos de Graduación y de Posgraduación. La Gestión del Sistema de Licitación y Contratación de Estudios, Proyectos, Provisiones, Construcción Civil, y Montaje, debe prever la integración de las acciones comprometidas, las transferencias para evitar riesgos y exigir seguros de desempeño u otro instrumento de responsabilidad.

Los emprendimientos con dudas acentuadas, largo plazo de implantación, etc. ..., pueden ser objeto de Contratos de Sociedades.

---

## COMENTARIOS

Si prevalecen las costumbres de esa NUEVA REALIDAD, se abre , también, un nuevo horizonte a los profesionales competentes, dedicados. Nuevas oportunidades a la creatividad, al debate, a la luz común. Entonces, debemos prepararnos para eso!!.