



## SOME ASPECTS OF THE RCC USE IN BRAZILIAN DAMS

ANDRIOLI, Francisco Rodrigues

*Andriolo Engenharia Ltda-*

[www.andriolo-eng.com](http://www.andriolo-eng.com) / [fandrio@andriolo-eng.com](mailto:fandrio@andriolo-eng.com)

### SUMMARY

The use of the “**Roller Compacted Concrete**”- “**RCC**”- “**Rollcrete**”- “**Rolled Concrete**” in Brazilian dams, is no longer a novelty, as it began to be used in 1976.

Actually the improved performance of Design Consultants, Contractors, Laboratories and Brazilian Individual Consultants in the country and abroad are an evidence of the mastering of technologies and the expansion of the use of RCC. The exchange of information with entities and companies of other countries allowed the writer to state that Brazil was one of the countries that carried out a serious investigation program of the characteristics of the RCC in detail. Furthermore, the Brazilian territorial dimension and diversity, induced the search for unconventional solutions and the development of alternatives, which established a routine procedure seeking to adapt solutions to problems and regional idiosyncrasies, without the need to impose imported solutions inadequate to the conditions of the region.

This procedure facilitated the preparation of job proposals, and the formulation of solutions and stimulated professionals and leaders in the search for new solutions, making it possible to reduce costs and improve the performance of new works. In the course of this development of the RCC in Brazil, elsewhere in the world, however, some facts led to the need of professionals and companies to pay more attention in quality and in minimizing faults and errors.

This text is an updated summary of the book “**RCC Brazilian Practices**” [01] (Andriolo, Francisco Rodrigues) published in 2002 and is intended to convey relevant data about the RCC Brazilian Practices, developed since 1976 until May, 2015.

From 1976 up to now large RCC test program and research were developed by Government Agencies, Laboratories, Design Consultants and Contractors in Brazil, exploring different ideas and tendencies. Symposia and Congresses were held to discuss information, test results and different points of view.

The RCC dam construction activity started in Brazil with the Saco de Nova Olinda Dam [01], following some isolated test-fill investigations, back filling of job spaces and other studies. A large data bank from laboratory tests and test fill sections was made available. Until to May, 2015, there were more than 145 RCC Dams completed or under construction in the country, and some others planned for the next year. The cementitious content averaged less than 90 (86) kg/m<sup>3</sup>. With this lean RCC and around 110 to 120 kg/m<sup>3</sup> of rock flour, **Brazil uses a lean RCC with a high fines content!**

The performance of the RCC Dams is satisfactory. Only one relevant occurrence has happened, not due to the RCC concern, but due to a foundation failure.

## 1- HISTORICAL ASPECTS

### 1.1- General

The development of the so-called “**Brazilian concrete technology**” started early in the first quarter of the last century and has evolved steadily since then. Several factors may be recalled to explain such an evolution: the abundance of raw materials, the governmental strategy to develop the industry, the climatic and geographical characteristics of a huge tropical country and last but not least, the professional capacity building in the field.

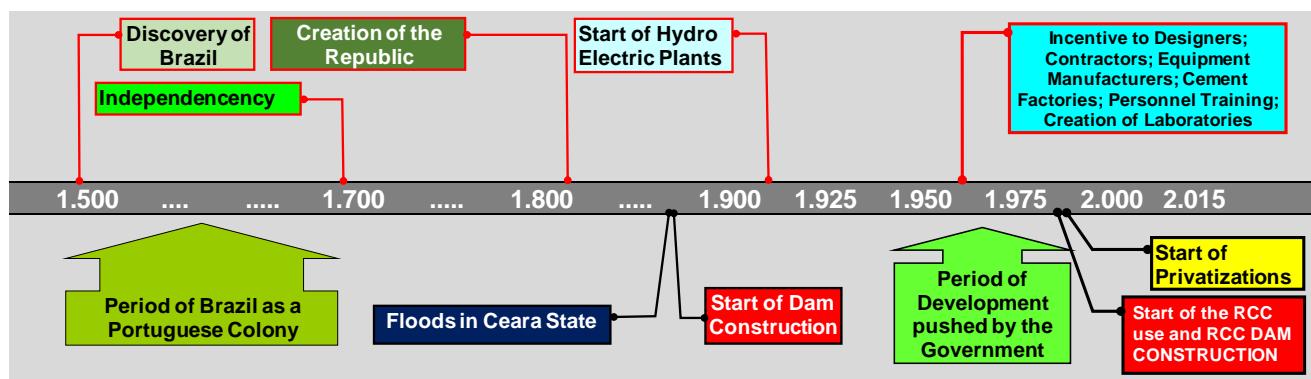
Examples of interesting engineering works are easy to find in this country, especially for the dam engineer, all of them standing as proofs of the major challenges that had to be faced for the use of concrete. Those who visit Brasilia, the Nation’s Capital, are delighted with the gracious and innovative buildings, true masterpieces of the great Niemeyer. On the other hand, those who visit Itaipu or Tucuruí are certainly astonished by the challenge that was the use of large quantities of concrete, in very stringent conditions, to build two of the largest power plants in the world.

Lately, as the quest for even more economical and efficient solutions push towards a higher level of creativity and refinement in all fields of human endeavor, the use of roller compacted concrete in dam construction in this country has not simply followed the trend as the mere synthesis of exogenous experiences. This statement is not sufficient to explain the very significant development of techniques that are the Brazilian experience in RCC.

This text summarizes the work of a group of active Brazilian professionals in the field and reflects the lessons they learned at home and abroad. The writer intends to bring together the best of the knowledge from many Brazilian Professionals involved in RCC construction. Particularly interesting are information about the rock flour use, the laboratory facilities and control method of tests and quality control routines.

### 1.1- Initial Period

The beginning of dam construction in Brazil, took place in the second half of the XIX century:





**Cedros Dam, constructed in Ceará State during 1890- 1900**

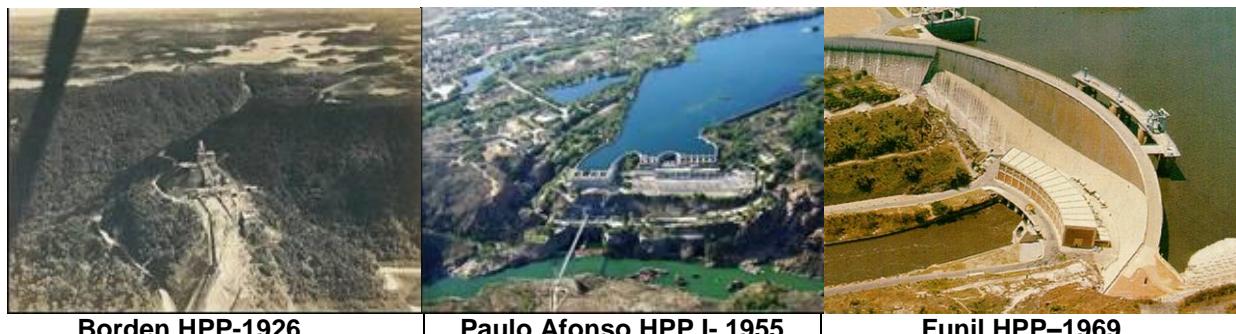
The current survey of reservoir flooded areas with a surface larger than 20 ha, and the information produced by, Federal and State entities, compiles a total of 13,529 dams in the Country, distributed by users as follows:

Multiple Uses	11.748	87%
Hydro Power	1.261	9%
Mining Waste	264	2%
Industrial Waste	256	2%
Total	13.259	

In the sixties and seventies an impressive number of large hydroelectric power stations was built and went into operation, some of them among the largest in the world at the time.

## 1.2- Brazilian Concrete Dams

Large concrete dams, mostly for Hydro Electric Power, were built during the 60's and 70's decades of last century.





Furnas HPP- 1963



Jupia HPP- 1968



Jaguara HPP –1971

During this period Government Agencies implemented a large program to train people for laboratory, design, construction, quality control, instrumentation-monitoring and to learn and develop concrete technologies and construction methods. Some methodologies for implementation of mass concrete construction were adopted, such as the use of extended layer method - using dump rear off-road trucks with bulldozers and cable way associated with bulldozers, and the slope concrete placement using bulldozers



Conventional Vibrated Mass concrete poured directly by a dump rear of road truck, spread by frontal blade tractor and vibrated with immersion vibrators- 1977-Itaipu



Conventional Vibrated Mass concrete poured by buckets handled by cable way, spread by frontal blade tractor and vibrated by a gang of four vibrators hanged by a backhoe excavator - 1977-Itaipu



Conventional Vibrated Mass concrete poured, in a large backfilling area, directly by a dump rear of road truck spread by frontal blade tractor and vibrated by a gang of four vibrators hanged by a backhoe excavator - 1978-Itaipu

A slope layer method for pouring the mass concrete was used since year 1977 to guarantee the concrete placement during the setting time, due to the large placements, even though using pre-cooled concrete with large setting time.



Sloped pouring used at Itaipu construction for CVC mass concrete-1977



Sloped pouring used at Tucurui construction for CVC mass concrete- 1981





Mass concrete with maximum size aggregate (M.S.A.) = 152mm was handled since 1972, through dropping it by chute, at Ilha Solteira Dam construction and afterwards during the years 80's at Itaipu Project. The open channel chute has also been used since the 70's for pouring concrete in the face slab of CFRD Dams, as shown bellow.



**Rigid Vertical chute  
at Ilha Solteira  
Project**

**Flexible Vertical chute at Itaipu Project**

**Open channel flexible chute for  
all Brazilian CFRD Dams**

In Brazil, the adoption of RCC methodology was not only based on the reduction of cementitious consumption. Since the 60s, concrete class zoning has become very popular in CVC (CVC-conventional vibrated mass concrete), as well as required strength control at one year age or at least 180 days. These concepts were intended as a way of emphasizing the material's potential. In fact, Brazil's vast territorial extent obliged optimization of materials found near the job site and reduction of the chances of materials being rejected upon arrival. On account of this, a series of control procedures evolved and were adopted in the largest concrete dams in the country like Ilha Solteira, Itaipu, Tucurui and others.

Due to this in the years 70's Brazil was, practically, the first Country to specify compressive strengths at 180 days and one year age, optimizing the cementitious content to about 80-85 kg/m<sup>3</sup>, for Conventional Mass Concrete for many Brazilian Dams.

Another consequence of the country's vastness is the installation of laboratories in certain strategic locations with the purpose of understanding and pre-selection of materials, techniques and technologies, as well as labor training and quality control support. The following important events exemplify these actions:

Hydroelectric- CVC Concrete Volume	Period	Relevant Information
Ilha Solteira- 3,680,000m <sup>3</sup>	1969-1973	Use of CVC Mass with 84kg/m <sup>3</sup> of cementitious consumption (61 cement + 23 Pozzolan). Concretes controlled at 180 days age.
Itumbiara- 2,080,000m <sup>3</sup>	1975-1980	Concrete class zoning, with age control from 90 to 180 days.
Itaipu- 13,000,000m <sup>3</sup>	1977-1982	Concrete class zoning, with age control from 180 and 360 days. 90 kg/m <sup>3</sup> of cementitious content. Production rate above 750m <sup>3</sup> /h
Tucurui- 6,000,000m <sup>3</sup>	1978-1984	Concrete class zoning, with age control at 180 days. Up to 95 kg/m <sup>3</sup> of cementitious content. Production rate above 500m <sup>3</sup> /h

The construction of Ilha Solteira and Itaipu Projects can be considered milestones in the development of a quality control system for CVC concrete. The concrete placing speed



possible in Itaipu, at times, more than 750m<sup>3</sup>/h, was only possible because of an adequate control plan.



Ilha Solteira Dam

Itaipu Dam

Tucurui Dam

Brazilian Dams constructed with CVC mass

This why, when observing bibliographic references that attribute to RCC the advantage of reducing cement content, adjusting control ages to older dates like 180 or 360 days, or still, greater construction speed, consider the job's dimension rather than a determined methodology or control routine.

Brazil is presently among the five major RCC dam builders, and among the six major civil construction countries in the world. Brazil implemented construction methods and established particularities based on the potential of its diversified territory, and on challenges characteristic of its territorial vastness, as well as economical adversities, technical development rate and professional capacity of labor workmen.

It is clear then, ***there is no need to set records.***

On the other hand, RCC construction in Brazil is based on ***simplicity***, and not on the chance of not having to perform certain procedures.

### 1.3- RCC DAMS

Many studies have been made in Brazil by different laboratories since the 70's showing the RCC properties and its potentiality, although the first dam constructed with RCC methodology had occurred only during the 80's.

It was during the 90's, mainly by the adoption of the RCC technology for the Jordão and Salto Caxias Dam Projects that this technique reached its full development. The bid system adopted by COPEL (Companhia Paranaense de Energia, an energy government agency from Paraná State), for the "Jordão Dam" allowed the Contractor to bid on two alternatives, a Concrete Face Rockfill Dam or a RCC Dam . This procedure allowed, in terms of time and costs, the real and value of the RCC methodology [23; 24; 25]

Today, roller compacted concrete dams are being discussed, designed, and constructed in around 65 of the developed and developing nations of the world, and it is evident that the conditions and dimensions of Brazil territory will challenge Engineers to adopt this solution in a large number of Projects.



Interest in this type of dam has increased for several reasons, the most prominent being economics and speed of construction. In many nations, the costs of constructing conventional concrete dams have increased significantly faster than similar costs for embankment dams. This, coupled with the fact that concrete is such a good, durable, long-lasting construction material, has stimulated designers to seek new ways of using concrete in dam construction, that occurring with the adoption of the RCC methodology.

The understanding of the RCC, in these years, that evolved to be based on the aggregate grading, the best use of the fines and filler material in a “engineering” concept- that must be understood in terms of **quality, safety, and economy** - brings the RCC technology to its **simplicity** in the way of use the available material at Project site to be proportioned, mixed and hauling with adequate and planed equipment permitting that the construction be done **rapidly**.

• ***It is a construction technique based on making it simple not making it poorly!***

It is very important to consider that specially, in Brazil, the dam construction practice, established mainly in the 70's and 80's, has improved the use of low cementitious content for gravity concrete dams.

### 1.3.1- First RCC Trials

In Brazil, the first use of the new technique was the construction, in 1976 [02] of a concrete floor at a storage building, for the Contractor camp facilities, at Itaipu Dam site.



Contractor warehouse flor - Itaipu-1976



First Test Fill -Itaipu - 1977



Backfilling access ramps -Itaipu- 1978

Initial applications of the CCR on Brazil, Itaipu

For many years, the so-called “**rolled concrete**” or “**rollcrete**” was used for the sub-base of roads and airfield pavements where it generally has been referred to as “lean concrete” or “dry lean concrete”. Mainly, it has been used as a base of 150 to 250 mm slab thickness under bituminous surfacing.

Besides this, during the Itaipu construction a methodology using extended layer method, with the CVC mass being handled and poured directly by off road dump rear trucks or cables-way and spread by using frontal blade tractors (bulldozers) was performed.

The popularity of rolled concrete for this use has been attributed to a number of factors, primarily that it is a simple material to produce and place, and requires no unique construction facilities or equipment.

At Itaipu Dam site 22,000 m<sup>3</sup> of RCC were placed, with a peak of 3,054 m<sup>3</sup>/day, in 1978, to form a backfill downstream access ramp of the diversion structure [02]. This concrete, with a content of 91kg/m<sup>3</sup> of cement and 26 kg/m<sup>3</sup> of fly-ash was planned to be removed later according to the construction planning. However, ten years later, when the second stage of the powerhouse under construction, drilled cores indicated that the material had a compressive strength of almost 21 MPa, was in a very good condition and could remain there thus forming a small part of the world's largest hydroelectric power plant.



Back filling the access ramp and drilled core from the RCC poured in the access ramp

By 1977- 78 CEMIG, a state owned power company (Minas Gerais State), placed at São Simão Dam almost 40,000 m<sup>3</sup> of RCC in 0.5 meters height lifts to:

- build a concrete base (11,800 m<sup>3</sup>);
- regularise and fill an access tunnel floor (2,000 m<sup>3</sup>);
- plug diversion galleries (20,300 m<sup>3</sup>);
- build a concrete gravity wall (4,300 m<sup>3</sup>).



São Simão HPP- 1978



Tres Marias HPP



RCC was also used at Três Marias Hydroelectric Project, when the spillway profile had to be modified. Lift heights of 0.25m were used to place a total of 14,600 m<sup>3</sup> of RCC in an area of 8,500 m<sup>2</sup>.

In 1982 about 12,000 m<sup>3</sup>, of lean RCC were placed with 0.25m high lifts in the right gravity, guide wall of Tucurui navigation lock. The concrete mix contained 65kg/m<sup>3</sup> of cement and 38kg/m<sup>3</sup> of pozzolan (calcined and grinded clay). Drilled cores showed compressive strength of about 10 MPa.



RCC being poured in a block of the navigation lock at Tucurui Dam – 1982

In those early days of RCC studies in Brazil some full scale tests were performed such as a 250 m<sup>3</sup> test-fill at Itaipu, another of 450 m<sup>3</sup> at Tucurui, among many others. Several verifications were carried out in those test-fills including the construction methodology, construction equipment, mixes design, determination of the main characteristics of the concrete such as compressive and tensile strength, thermal properties (coefficient of thermal expansion, specific heat, diffusivity, adiabatic temperature rise) modulus of elasticity, Poisson's ratio, permeability and density.

### 1.3.2- First RCC Projects

In the early 80's Brazilian consulting engineering companies begin to consider RCC as a good alternative for dam construction. Most feasibility studies started to compare the RCC solution initially with traditional mass concrete and finally with earth fill and rock fill dams. At that time several large hydroelectric projects were having their feasibility studies developed.

The RCC solution was studied in great detail but was not chosen as the best alternative because:

- \* The real cost of roller compacted concrete was still uncertain in Brazil, and there was a tendency to increase the final prices to overcome unknown factors;
- \* Some engineers were in doubt about the technical feasibility of building high dams and did not want to bet on the new technology.

However the main contributions to the large development of RCC, were the construction of Saco de Nova Olinda Dam, in the State of Paraíba, and the construction of Urugua-i Dam in neighboring Argentina [06].



Saco de Nova Olinda during construction- 1986

Saco de Nova Olinda was built in 1986 mainly for irrigation purposes, is 56-m high and its 138,000 m<sup>3</sup> of RCC were placed in only 110 days with a maximum production rate of 2,500 m<sup>3</sup>/day. The construction methodology used was widely disclosed and several papers about the dam were published in the country and abroad. The easiness of the method and its potential were shown at Saco Dam where pug mills were used to batch the concrete, small trucks (4 to 6 m<sup>3</sup>) to transport the mix to the site, very simple formwork was applied at the upstream and no forms at the downstream face, struck the skeptics that were not yet sure about the feasibility of RCC. The cost of about US\$ 40/m<sup>3</sup> was another important witness in favor of the technique [09].

The mix of this first Brazilian roller compacted concrete dam used 70 kg/m<sup>3</sup> of Portland Pozzolan cement.

### 1.3.3- Projects of the 90's

In the first half of this decade **eight** dams, Caraibas, Gameleira, Acauã, Cova da Mandioca, Várzea Grande, Juba I and Juba II were designed using the RCC method and **eleven** others were constructed: Jordão, Salto Caxias, Canoas, Traíras, Pelo Sinal, Jucazinho, Estreito, Belo Jardim, Rio do Peixe, Guilman Amorin, Ponto Novo, Rosal, Castanhão, Bertarello, Val de Serra

## 2- COUNTRY ASPECTS

### 2.1- TOPOGRAPHY AND RIVERS

The immensity of Brazilian territory induces a diversity of solutions to various technical problems-social-economic, evidenced by practice that shows that solutions adopted in the Southern region are not fully compatible with jobs located in the Northern or Northeastern Regions, and others in the coastal region, not fit for the Midwest

The Brazilian land is of modest altitudes. About 40% of its territory lies below 200 m altitude, 45% between 200 and 600 m, and 12%, between 600 and 900 m. Brazil does not present great mountainous formations, because there isn't any modern folding in its territory. Brazil is a territory of almost triangular shape, most of which lies in the southern hemisphere, from 4° to 33° South latitude and 40° to 75° West, comprising  $8,5 \times 10^6$  km<sup>2</sup>.

This aspect, which in a way is quite favorable, for agriculture (as it allows a more intensive mechanization) and for the construction of roads (less works of art-bridges and viaducts and tunnels), is not so good for the hydroelectric potential, that means kinetic energy or potential of the water of rivers and lakes that focuses on hydroelectric plants and is transformed into mechanical energy and finally into electrical energy.

It borders all South American countries except Ecuador and Chile, with a long Atlantic coastline over 8,500 km. Country hosts the fifth largest population in the world. Most of its 190 million inhabitants live in the Southeast region where the biggest cities are located.



As the Country is so large, there are different surface natural aspects such as, for example, the amount and frequency of rainfall, water resources, climate, geology, topography and vegetation.

The environment varies, as flooded Plains of the Equatorial Amazon and the Pantanal to the Central Plateau of the mountain range near the coast in the Southeast to the Southern Plains and the Midwest, ranging from wetlands to vast semi-arid in the interior Northeast.

In the West and South regions of Brazil, however, there are several rivers with a meandering course that allows you to build a low dam, letting the flow to the downstream areas through a canal or tunnel, making it possible to generate reasonable amount of energy.



1-RCC Dam and Spillway

3-Tunnel

2-Water Intake

4-Power House

Lay Out of some Hydro Scheme in the South and West zones of Brazil

## 2.2- MATERIALS AVAILABILITY

### 2.2.1- Cements

The cement market in Brazil is composed of 15 cement groups, with 93 plants spread across all Brazilian regions, with 5 of them in 2013/2014 under construction. The installed capacity in the country is higher than the 80 million tons/year.

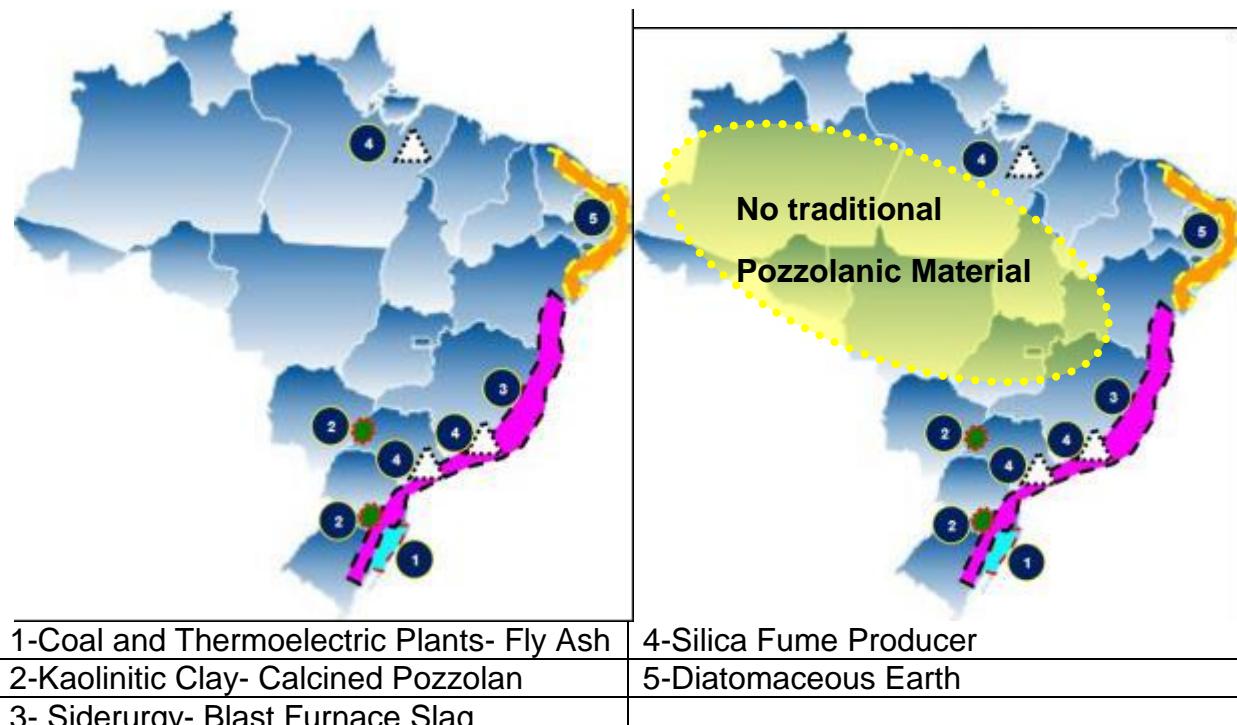
The range of product distribution reaches on average 300 to 500 kilometers in the Southeast and South of the country, and may exceed 1000 kilometers, when the cement is distributed to the North and northeast regions. This results in a relevant component of the cost of transport, in the cement to be used in the works.



This aspect was important for the development of the studies of the properties of concretes the ages greater than 28 days, as mentioned previously.

### 2.2.2- Pozzolanic Materials

The most important natural pozzolana are volcanic ashes, which is not found in Brazil. There are other Pozzolanic materials available in Brazil, mainly in the areas listed further below.





7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



14

Can be noted, however, that in most of the Brazilian territory, there is no occurrence of traditional Pozzolanic materials. The vastness of the territory, on the other hand, offers rocks with mineralogical characteristics that can present potential pozzolanic properties [43 and 44]

In Northeastern Brazil, sedimentary zeolites occur associated with sandstones of the Corda Formation (Parnaiba Paleozoic Basin). These sandstones are composed of quartz, natural zeolites (estilbite) and clay minerals (smectite). Preliminary studies have shown that this sandstone can be used as a pozzolanic material in Portland-cement-based systems after the material has been sieved to remove the quartz and after thermal activation because the estilbite has low pozzolanic activity [43]. In the West of the State of São Paulo and Northern Paraná, Paranapanema River Valley region, differentiated acidic rocks occur of the Serra Geral Formation with possibilities of adding Pozzolanic components.[44]

These evaluations attest to the validity of the use of the Rock Dust/Rock Flour, since the years 1980, in Brazil. Initially checked in the valley of the Paraná Basalts and some meta sandstones [12; 16; 21; 22; 35; 45]

### 3- LABORATORIES AND UNDERSTANDING OF THE RCC CONCEPT

#### 3.1- Laboratories and Tests

The RCC studies, in Brazil, were carried out mainly by the Brazilian Hydroelectric Sector (ITAIPU-{1}, CEMIG-{4}, FURNAS-{5}, ELETRONORTE-{7}, COPEL-{2}, CESP-{3} and CHESF-{6}), and the Itaipu Laboratory practically started the technical studies for knowledge about the various properties, given that it carried out the initial studies of materials and RCC of the work sites of Urugua-i of (Argentina) and Capanda (Angola) Projects. Then FURNAS, whose laboratory has rendered important contribution, joined Capanda, and performed tests for Miel I in Colombia.



Location of the Laboratories of the Hydroelectric Sector around Brazil

#### 3.2- Researches

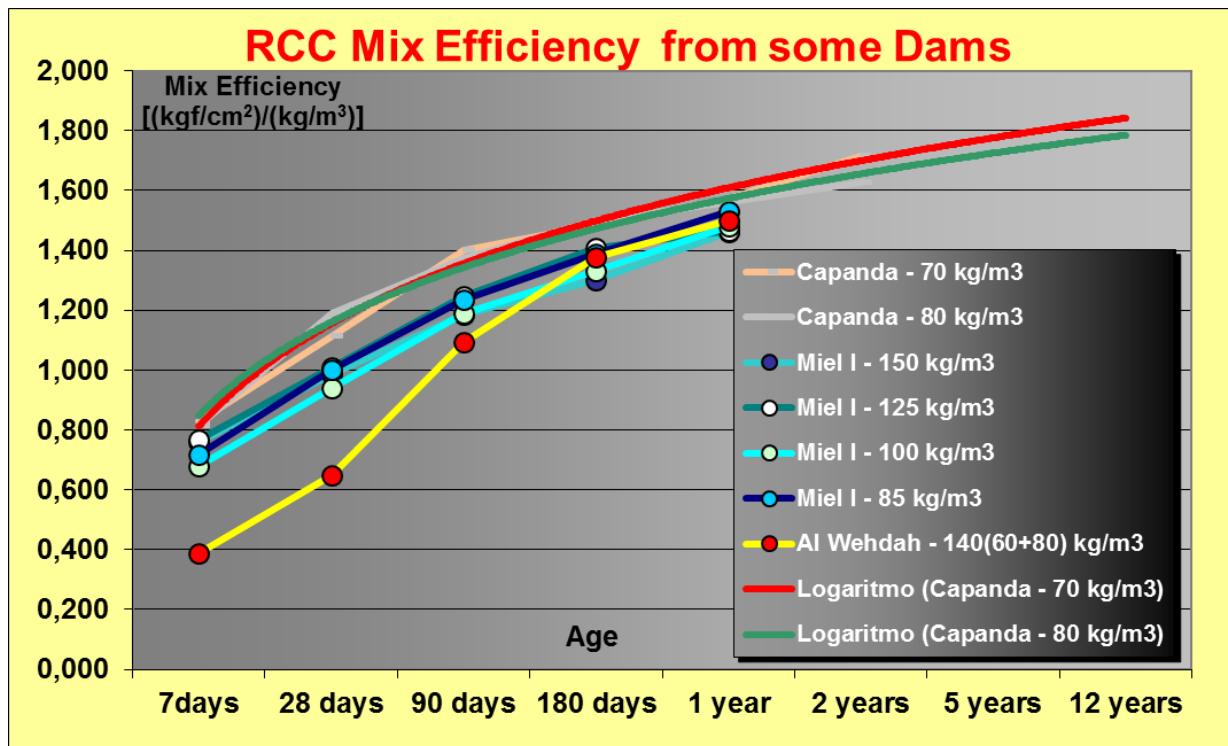
##### 3.2.1- Material- Rock Flour

It is noted that in Urugua-i the Brazilian contribution was relevant to the development of the RCC in Brazil and the World, by the study and use of the new concept of Rock Dust /Stone Powder/Rock Flour for "closing" the voids of the aggregates composition of the RCC mixes, and the demonstration of the use of a "by product" from the crushing, with some partial pozzolanic activities [12; 16; 21; 22; 35]. This technical improvement and economic advantage had already been investigated between 1978 and 1982 at the Itaipu's Concrete Laboratory, for CVC mass [12].

During the studies for the construction of the Capanda Dam, the meetings with the engineer **Dr. Albert Ossipov** (*From the Scientific Research Centre Hydroproject Institute of Moscow*), enabled further studies [12] in order to characterize the activity of the Rock Dust, in

fixing Calcium Hydroxide ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), released during the cement hydration. This action is similar to an Activity with cement and lime, usually observed in the characterization of Pozzolanic materials. These studies allowed the development of the methodology of fixing  $\text{Ca(OH)}_2$  in sands in the Brazilian laboratories [12; 16; 21; 22; 35].

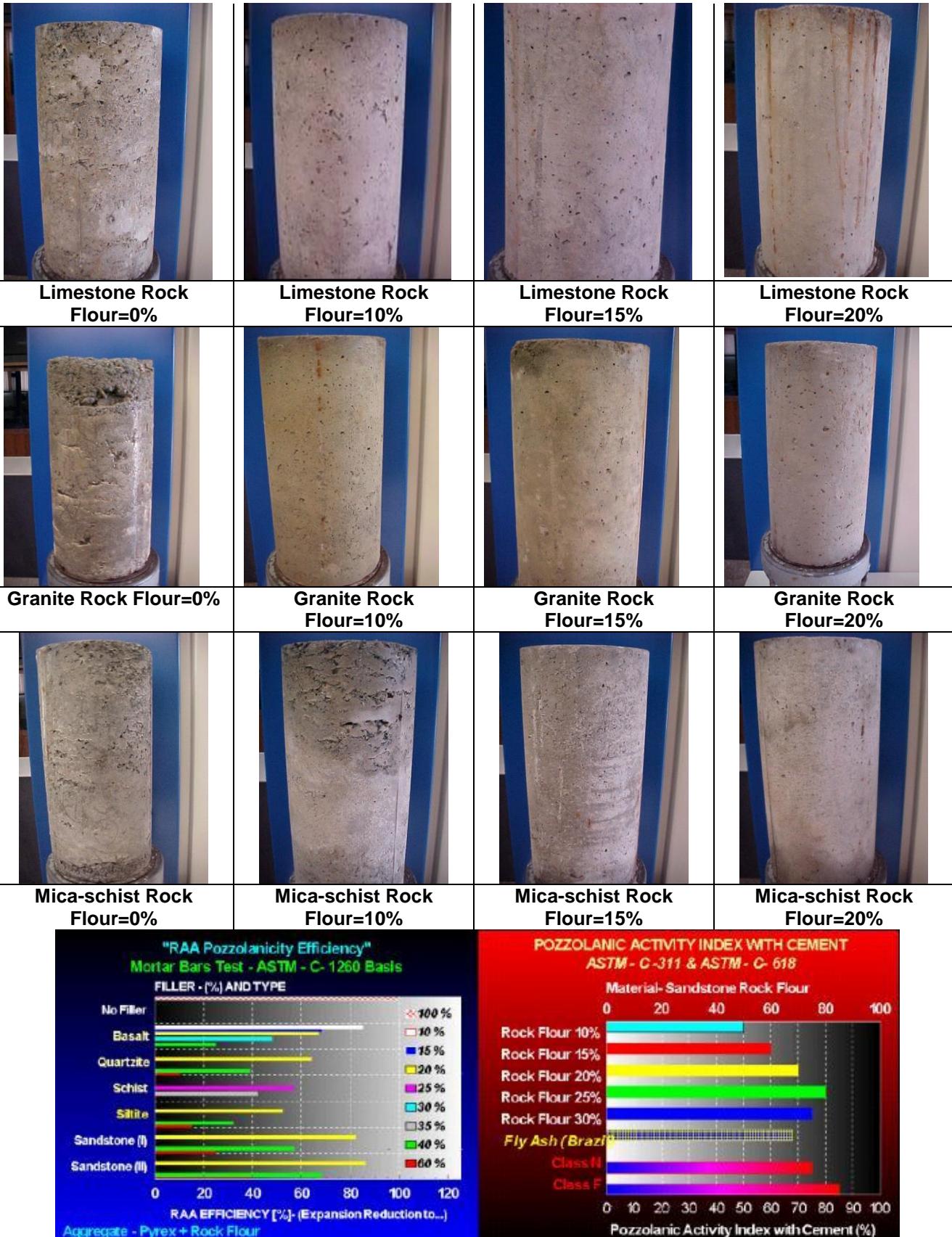
The use of Rock Dust, from rocks with levels of silica, iron and aluminum, and appropriate mineralogical characteristics, proved the technical and economical merits of the procedure, and with the RCC of Capanda, with 70 kg/m<sup>3</sup> of OPC cement, there was evidence of growing resistance of over 10 years of age [45], (see Figure bellow). It is clear that without the “Pozzolanic Action” of the Rock Dust from the Meta-Sandstone, these benefits would not occur.



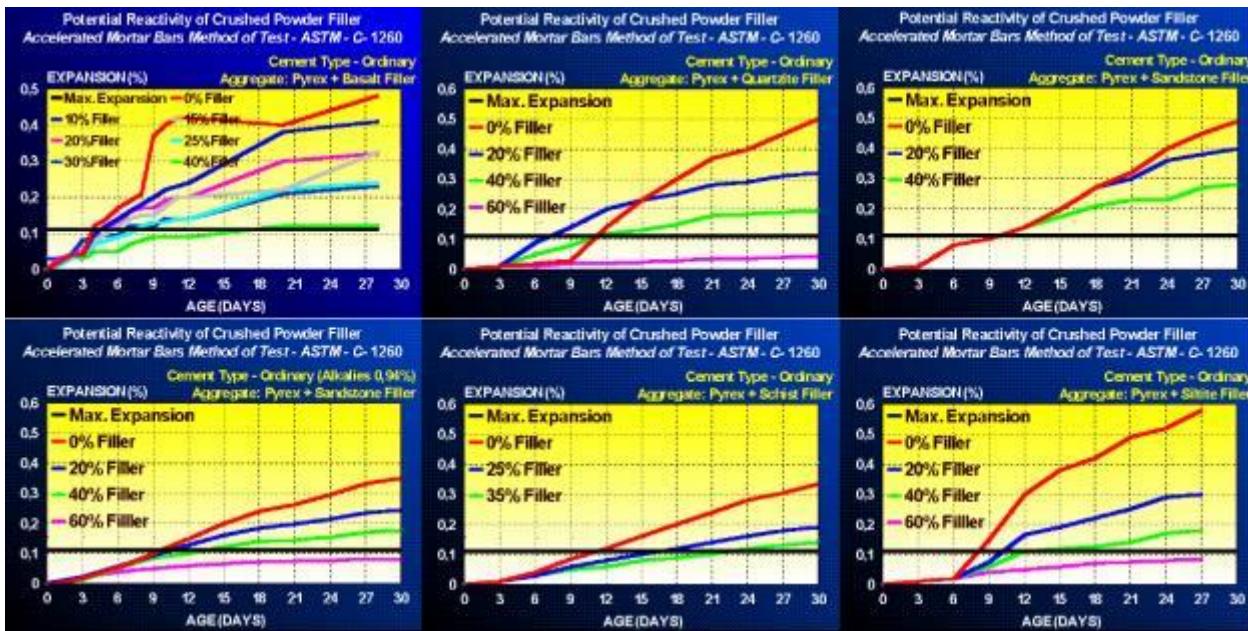
Capanda RCC concretes with 70 kg/m<sup>3</sup> and 80 kg/m<sup>3</sup> of OPC Cement Type and Meta-sandstone Rock Flour, showing “mix efficiencies” gain over 28 days age (up to 12 years) similar than other richer (larger amount of cementitious content) RCC mixes.

The powdered rock has been used in concretes, more specifically in RCC. The aggregate Rock Flour passing through sieve 200 ( $\leq 75\mu\text{m}$ ) is normally used mixed with artificial sand, representing the fines content after the crushing. Workability increases and permeability is reduced through the filling of the voids. Another advantage of using powdered aggregate is the reduction of alkali-aggregate expansion of the concrete.

17



The rock flour as a by-product from the crushing systems shows a "Partial Pozolanic Activity with the Cement" in terms of strength



**Reduction of the alkali-aggregate expansion of the concrete**

An evaluation of pozzolanic activity and efficiency in the fight against the AAR was established. Results show that the pozzolanic activity with cement varies as a function of the replacement ratio used but there are other factors that influence the activity of powdered aggregate, among which the replacement rate, the age and the fineness.

The average content of Rock Flour, in the Fine (Sand) aggregate, used in the Brazilian Dams is around 12% that means about 110 to 120 kg/m<sup>3</sup>, in the RCC cubic meter.

- Summarizing: Lean RCC with High Fines Content!**

The use of powdered rock has always been a great alternative for conventional pozzolanic material especially when the last is not available. The simple replacement of cement for powdered material results in the decrease of the concentration of alkalis released during cement hydration. Besides this, a chemical mechanism occurs with the reaction between the alkalis available in the solution and the fine particles of the aggregate, in non-confined spaces, leading to a reduction of the concentration of alkalis near the aggregate's surface. During this, Rock Flour, together with the other products formed fill in the pores promoting a densification of the matrix, making it harder for alkaline species to migrate.

### 3.2.2- RCC Properties

The Laboratories of the Hydroelectric Sector provided an extensive opportunity to research and development of the knowledge of the RCC properties, besides other concrete types.



**ITAIPU- Test Fill and Laboratory tests (Adiabatic Temperature Rise; Creep and Strain Capacity) for Urugua-I (Argentina ) and Capanda (Angola) RCC Dams**



**ELETRONORTE- Test Fill and Laboratory tests for Tucurui Project**



**FURNAS- RCC Cofferdam as a Test Fill (overtopped several times) and Laboratory tests for many Projects**

The cofferdams were overtapped with flows of:

Rain (High Flow) Period	River Maximum Flow (m <sup>3</sup> /s)	Maximum Overtopped Flow (m <sup>3</sup> /s)	Maximum Height over the Cofferdam (m)
1989-1990	9171	6671	12
1990-1991	3403	853	7
1991-1992	6701	4151	11
1992-1993	3907	1220	8
1993-1994	4601	1850	9

The structures behaved according to what was expected in the design and showed a remarkable strength against erosion.



CHESF- RCC Protection of the Rock-fill for overtopping at Xingo CFRDam



CESP- RCC trench as test fill and laboratory tests (shear) and the RCC use for Porto Primavera Dam slope Protection



COPEL- A preliminary test fill at Segredo Dam, before Jordao RCC Dam and in situ shear test for Salto Caxias RCC Dam

Regarding the Laboratorial part, there was also a meaningful participation of the Furnas Laboratory, with the development of the Testing methodology for the determination of water content, of devices to test for Direct Tension, very useful to characterize the behavior of Construction Joints, as well as the testing system of experimental laboratory large scale tests.



Before the startup of a RCC dam construction it is very important to know how the concrete will behave. A full-scale trial has been used to optimize equipment performance, construction methods and other parameters. FURNAS Technological Center - Goiania - Brazil, is equipped for full-scale trials for RCC, which simulate field conditions.

This device can evaluate the variation of the action of the several vibration rollers available in the market, varying:

- vibration frequency;
- pace speed;
- roller load: static and dynamics.
- 



General view of apparatus

View of the control monitor inside the Control Room

The device is also designed to analyze roller-compacted concrete in a laboratory setting, thus allowing for a broad and comprehensive study to define all the characteristics and properties of concrete mix proportions required for a project, such as:

- Studies to compare the behavior of different concrete mix proportions;
- Studies varying the heights of concrete layers;
- Study of the connection between placement layers;
- Study of the compaction degree of RCC layers, varying power, frequency and speed of apparatus;
- Studies of RCC properties, by extracting concrete cores, such as:
  - Unit Mass
  - Compressive Strength;
  - Tensile Strength;
  - Direct Tensile;
  - Shear;
  - Modulus of Elasticity;
  - Creep;
  - Strain Capacity;
  - Permeability;
  - Thermal Properties



RCC Production at Laboratory with large size mixer 1,5m<sup>3</sup> capacity

Mix homogenization with a front loader machine



Bedding mortar spreading at RCC Joint

RCC placement in the mold

The device comprises a rail system on which the roller compacting structure moves. In an area at the center of the rails there is a pit in which a mold is fixed. The mold will remain entirely below floor level. The apparatus basically comprises three systems:

- one for horizontal movement,
- another for vertical movement and
- a third for load application, all of which are shown below.



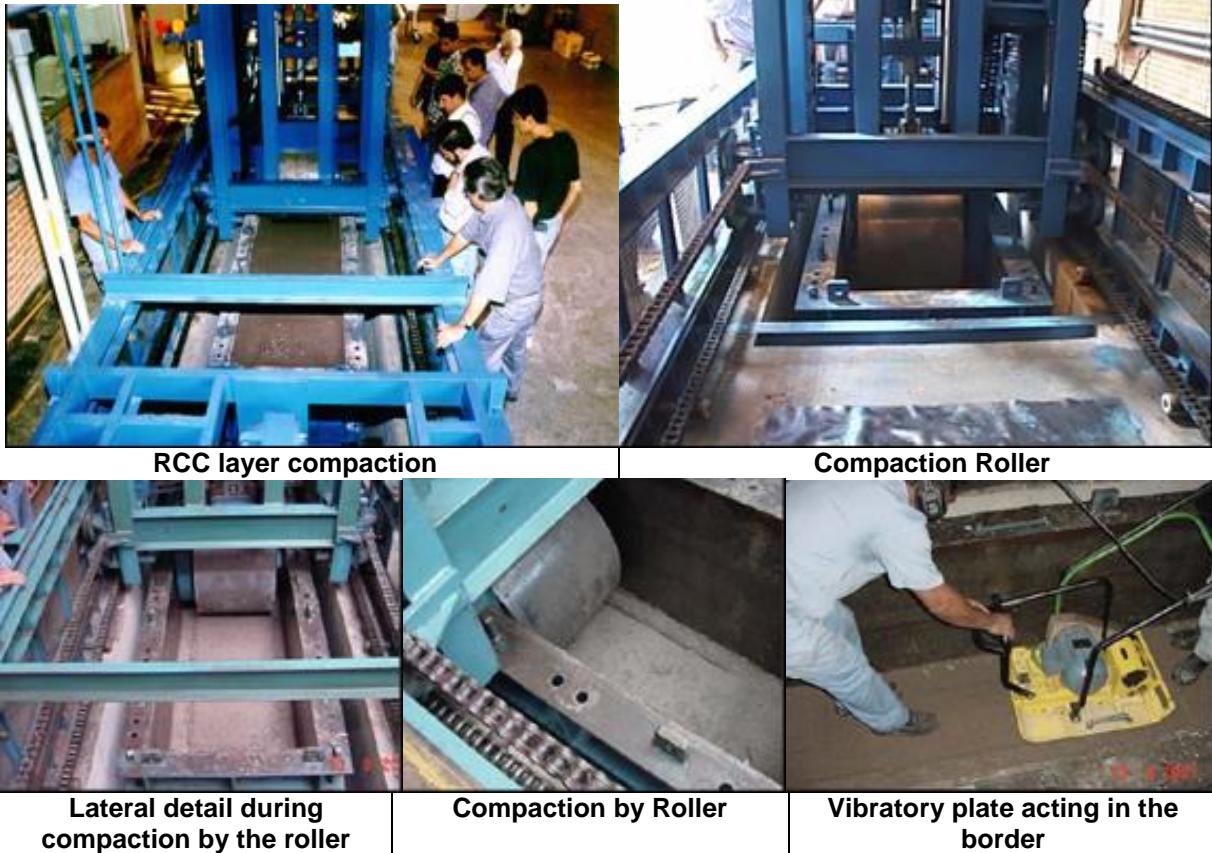
Levelling the RCC Layer



Measuring the RCC layer height and compaction close near the form



23



RCC layer compaction

Compaction Roller

Lateral detail during compaction by the roller

Compaction by Roller

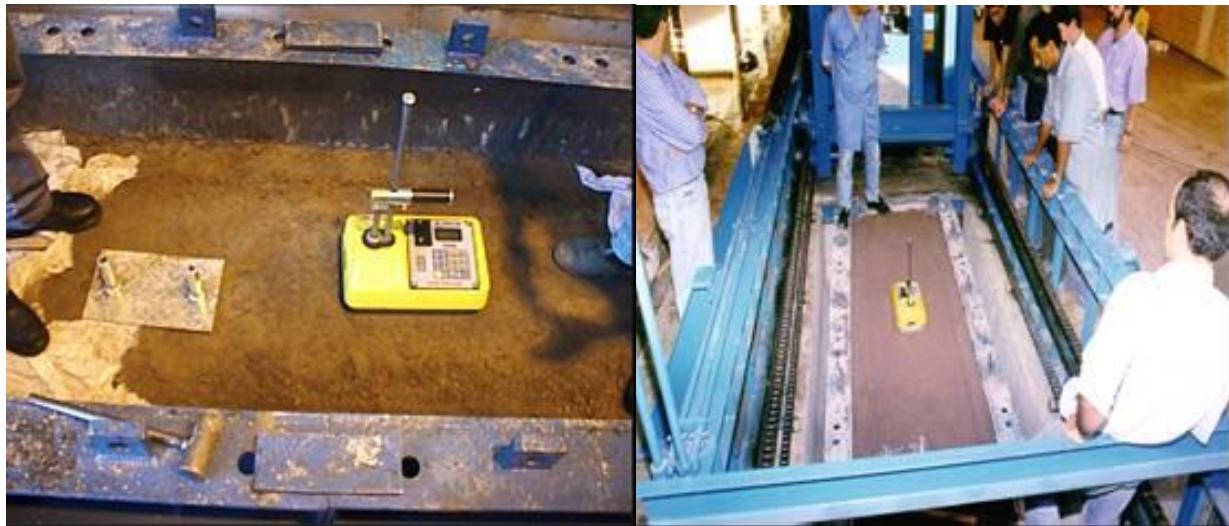
Vibratory plate acting in the border

The element responsible for the application of load is a high-performance hydraulic actuator with 15 tf. maximum capacity. Together with the servo valve set directly over it, the systems allows for the application of static and dynamic loads of up to 70 Hz. The use of an electric engine allows for control of speed in both directions, between 0 km/h to 0.5 km/h, with continuous variation. The useable track of 1,400 mm allows for the execution of test specimens of up to 1,200 mm in height.

The test specimens are compacted inside a mold, placed in and removed from the pit by means of a traveler.

The use of molds of various sizes is also possible up to the limit of 3,000 mm in length, 1,200 mm in height, with a constant width of 900 mm. The use of forked molds was also anticipated, with a view to simulating joints.

Given that the width of the roller is 650 mm, that is, smaller than the width of the molds, this implies that only the central region equivalent to the roller's width can be considered useable or roller-compacted, therefore the edges will be compacted by a manual compactor.



**Density and moisture content tests performed in the RCC layer after compaction**

Likewise, the roller will not compact the initial and final sections that correspond to the roller's radius of 450 mm. These sections may be used for tests with surface concretes, thus simulating conventional surface concrete or upstream facing RCC (enriched with cementitious material or with cement paste).

Curing is performed in a custom-built wet chamber with a hinged lid so that the test specimen may be placed in its entirety through the top by means of a traveler. Moisturizing is conducted by two moisturizers placed inside the chamber, which also features a closed hydraulic water recycling system.

The test specimens used in this test will be taken from the molded block and when necessary cross sections will be performed by means of a cutting device featuring a diamond-tipped blade



**Climatic covering for protect the specimen**

**Handling the covering for the initial cure**

**Covering the specimen**



**Handling the specimen**



**Demoulding the specimen**



**As previous**



RCC test fill specimen demolded



Large test specimen curing room



Drilling and sawing cores from the RCC block



Drilled and sawed cores from the RCC block for tests

For aggregate processing the laboratory maintains an aggregate producing plant comprising a jaw crusher (FAÇO model 4032), a VSI (Vertical Shaft Impact, Kanica model 65) crusher and a ball mill (FIBRAÇO model VB-110-100), for the production of crushed aggregate.

The aggregates are classified by a sieving system in 4 stages (Simplex model SXP 2510/4D with 4 sieve decks), offering the possibility of 4 bands of aggregate sizes with coarse aggregate maximums of 100 mm, 50 mm, 25 mm and 4.8 mm or 76 mm, 38 mm, 19 mm and 4.8 mm, depending on the characteristics specified in the project.



26



Crusher machinery for aggregate processing in laboratory <sup>[46]</sup>

### 3.3- Sustainable Use of the Materials

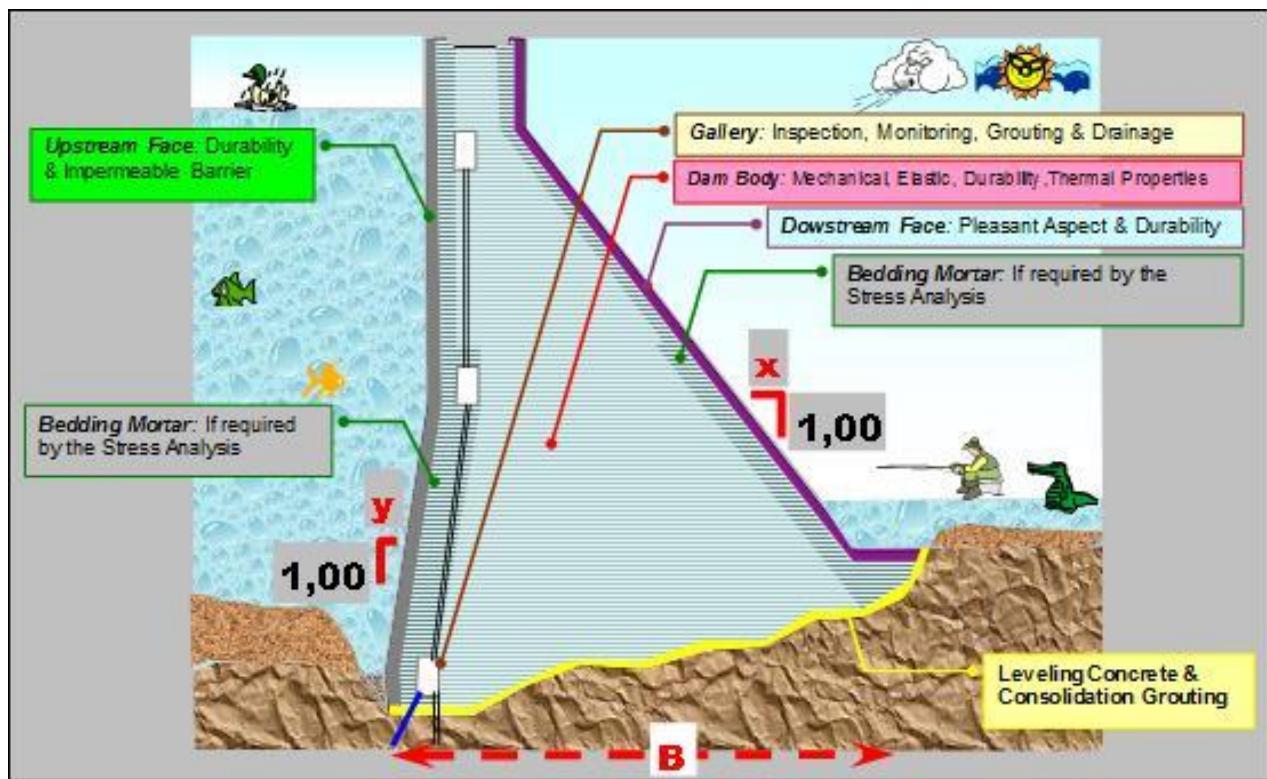
The understanding of the concretes (CVC and RCC) properties at greater ages (180 and 365 days) and the use of Rock Flour, permit to build concrete dams (CVC and RCC) in a **Sustainable Way**, due to:

- using an optimum content of cement, and;
- using a byproduct such as the stone powder, obtained from the crushing systems during the aggregates processing.

## 4- DESIGN AND SPECIFICATIONS

### 4.1- RCC DAM BODY CONCEPT

The practice of building RCC Dams in Brazil was established by consolidating the conceptual aspect for safety of the body of the dam, resulting from RCD (Japanese) with the interface of construction simplicity observed in the early North American RCC dams, built in the years 80's, taking into account that there is no relevant seismicity in the Brazilian territory.



Aspect	Concept	Use
Leveling	To improve the contact	Adoption of a CVC layer around 0,5m in height, immediately before the RCC placement
Upstream face	Watertight	<ul style="list-style-type: none"> <li>CVC mass, proportioned with rock flour or silt, and a maximum cement content of 200kg/m<sup>3</sup>, to minimize the thermal aspect, is mostly used;</li> <li>GeRCC</li> </ul>
Downstream Face	Pleasant aspect	CVC or GeRCC cast in steps
Spillway Face	According to Specific Flow	<ul style="list-style-type: none"> <li>Specific flow <math>\leq 15\text{m}^3/\text{m}^*\text{sec}</math> - As the Downstream;</li> <li>Specific flow <math>&gt; 15\text{m}^3/\text{m}^*\text{sec}</math> - Lined with CVC concrete with controlled W/C (water/cement) ratio</li> </ul>
Dam Body	Adequate Mechanical, Elastic and thermal Properties	RCC proportioned just to support the imposed requirements due to the loads and dimensions (below)
"B"; "x" and "y"	Resulting from the loads and geo-mechanical characteristic	The "B" dimension and "x" and "y" parameters comes from the base support and balanced with the cost comparison



Aspect	Concept	Use
Bedding Mortar	To guarantee the watertight and shear aspects	Due to the Non seismicity aspect just the Friction is enough to the Stability, but for Safety condition the bedding mortar is usually applied in the upstream zone in an area around 25% of the B, at each construction joint surface, Normally adopting the condition of: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interval placement during the day time larger than 4 hours- applying bedding mortar, and/or</li> <li>• Interval placement during the day time larger than 8 hours- applying bedding mortar, and/or</li> </ul>
Gallery	Mostly adopted	For Drainage, Inspection, Monitoring and eventual remedial works

That is, a massive body, with an impermeable system.

#### 4.2- Technical Requirements- Properties

The properties normally required for the Brazilian RCC Dams are:

Condition	Control	Requirement
Fresh RCC	Consistency-Workability	During the years 90's a dry RCC was used with a VeBe time around 30 to 50 seconds. After that period the VeBe time was reduced to 20 to 25 seconds, using a lean concrete with fines
	Setting Time	Just to help in the operational period during the hot days, and to adjust the use of chemical admixtures and to control the treatment of the Construction Joint surface.
	RCC Placement Temperature	No special requirement is set for the RCC placement temperature, due to the Cementitious Content and the diffusion heat to the ambient related to the large area induced by the small height of layers.
Hardened RCC	Compressive Strength	A range of 7 to 12 MPa at 90 days or 180 days (depending of the construction duration is adopted). This can be reached with about 70 to 100 kg/m <sup>3</sup> of cementitious content.

#### 4.3-Materials

##### 4.3.1- Aggregates

For the Brazilian RCC Dams just three aggregates are specified and preferable used as:

- coarse II grade- from 50mm to 25mm
- coarse I grade- from 25mm to 5mm (or 10 mm, depending if the site have a quite dry zone or rainy zone). This is considered to a better operational condition of the fine crusher machine;
- sand- smaller than 5 or 10mm (considering the previous approach).

##### 4.3.2- Cementitious Materials

As informed previously, due to the Brazilian large transportation distances, a Portland Pozzolanic Cement is normally used. For some few dams a OPC with an available Pozzolanic Material (Fly Ash, or grinded Blast Furnace Slag) is adopted.



### 4.3.3- Fines ( $\leq 0,075\text{mm}$ )

To improve the workability and to help considering the “partial pozzolanic activities” from some stone powder from the mineralogical condition the rock flour is adopted in a range from 10% to 18% (averaged value=12%) content in the sand fraction.

### 4.3.4- Admixtures

Considering the climatic condition in the country the air entrainment is not required for a Durability concerns.

The Set-Retarder admixture is normally useful during the hot period of the days and summer season for improving the operational handling time.

### 4.3.5- Materials Stocks

The Brazilian Practice induces to the Designers, Consultants and Contractors to adopt the sizes of the materials stocks (cements, aggregates, admixtures, water stops, etc.) in correspondence of the longest period to guarantee a continuous placement as each job site.

This means that the job is locate in a remote area, the stocks sizes must be enough to guarantee a non-stop job. This condition is imposed to the Contractor in respect their own Construction Program approval.

In a regular way stocks for one or two weeks are adopted, no more than this.

## 4.4- Mix Proportion

### 4.4.1- General Concept

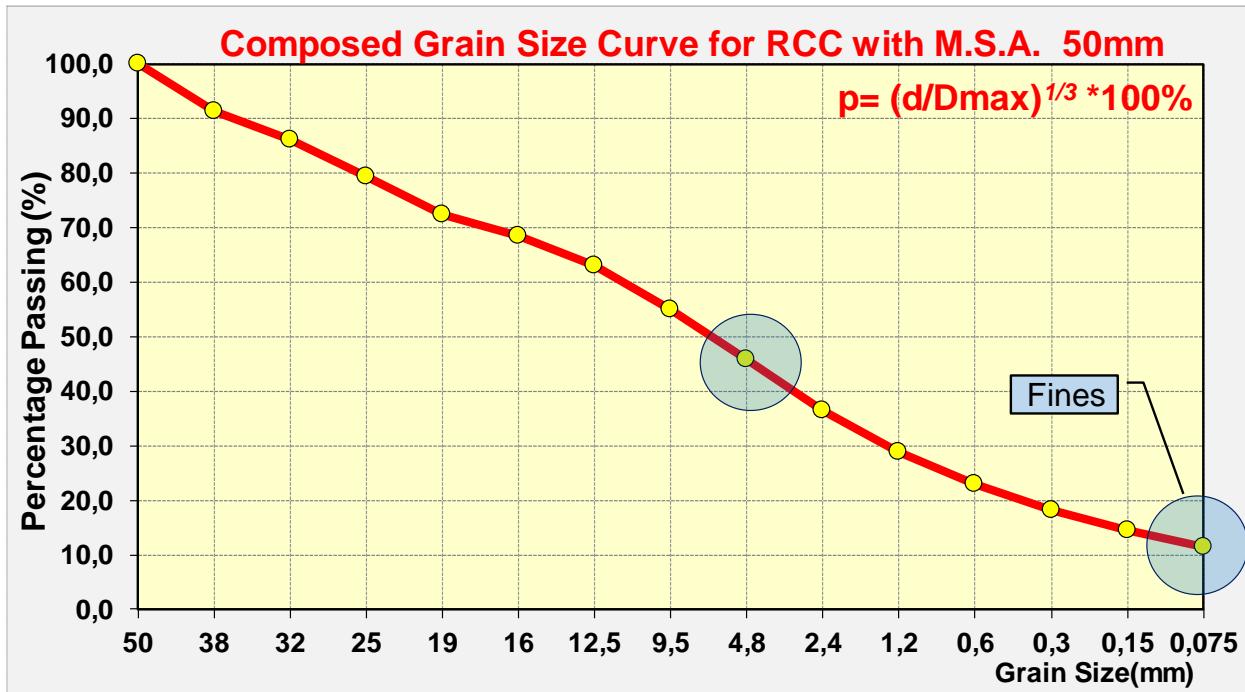
The mix proportion concept usually adopted is to attempt an uniform grain composition of the aggregates, water and admixtures (if used) for a VeBe time, and to comply with hardened properties required in the design, with a minimum as practical and safety amount of cementitious content.

### 4.4.1- Aggregate Composition

The RCC mixes usually, are proportioned to comply with the main objective to reach that is the maximum specific gravity. So the aggregates can be combined to adjust as near as possible from a curve type

- $p = [(d/MSA)^{1/3} \times 100\%] \pm 5\%$ , where :

- $p$  = % finer than “ $d$ ” size of mesh;
- $d$  = dimension of mesh (mm);
- MSA = maximum size of the aggregate



#### 4.4.2- Water Content

The water content is defined to achieve maximum density during compaction. During the first few batches of RCC, the water content is adjusted with the measured moisture.

Once the water content is established, it typically will vary little or not at all, as the cement content is changed through a range of values. During construction, control of water content is largely visual as determined by the placing inspection for optimum compaction and confirmed by density test. The amount of water added at the plant should allow for whatever loss occurs by evaporation during transport and placement.

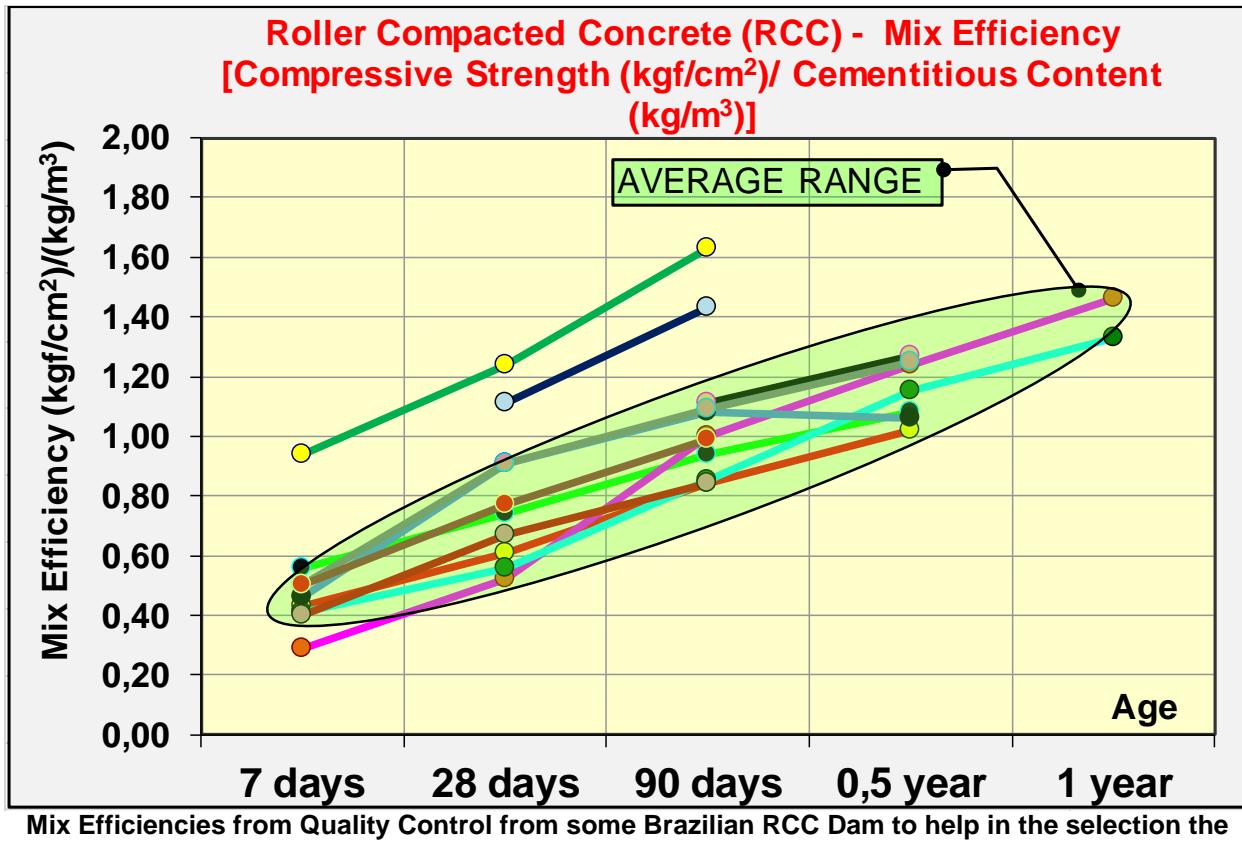
#### 4.4.3-Cementitious Content

Cementitious materials, water and fines are proportioned in quantities to yield necessary strength, workability and paste volume requirements based on the experience. Mixtures are proportioned to the desired workability level for a range of cementitious contents and pozzolanic material replacement, fines contents and other variables (cement and pozzolanic materials Fineness, aggregates shapes). The resulting family of performance curves is then used to determine the materials proportions that will obtain the desired properties.

A Mix Efficiency (Quotient between Compressive Strength per Cementitious Content) curve, normally, can be useful to help in the selection the amount of cement or cementitious content to reach the compressive strength.



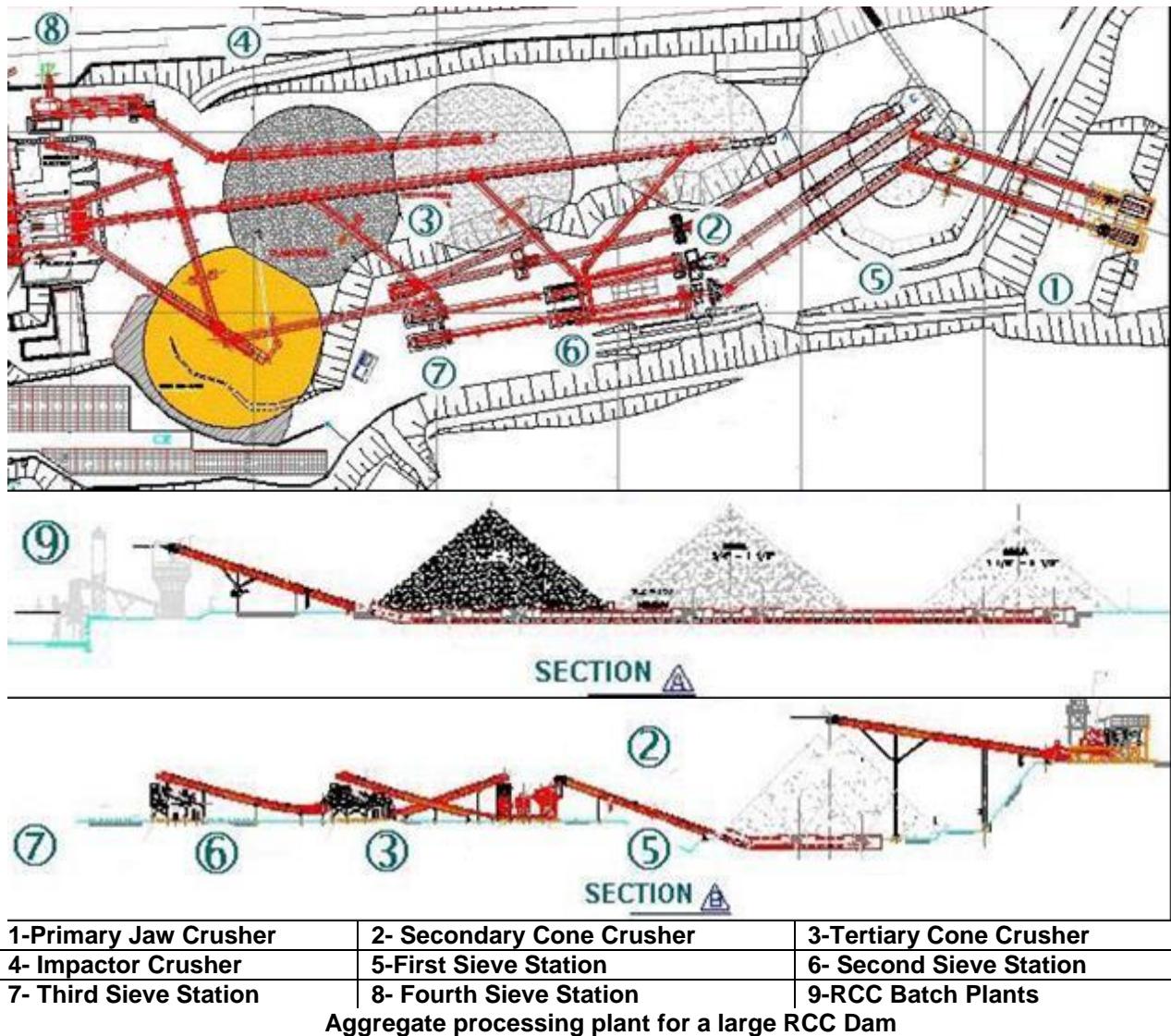
31

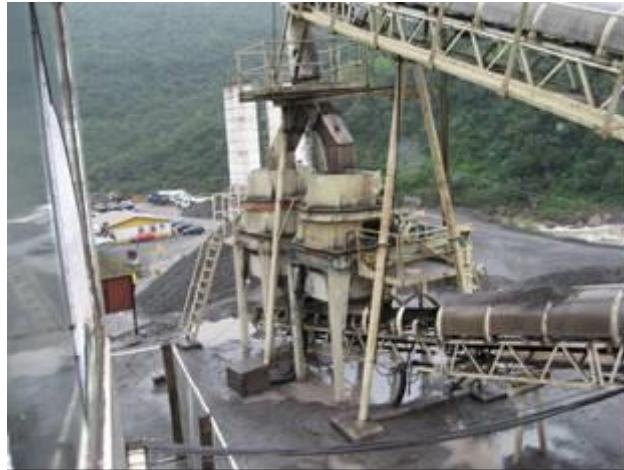


## 5-PRACTICES FOR RCC CONSTRUCTION

### 5.1- Aggregate Processing Plant

The Aggregate Plant normally is planned to primary crushers, secondary and tertiary and sometime a fourth machine. Considering the required production rate a two parallels lines compose it, as exemplified bellow.

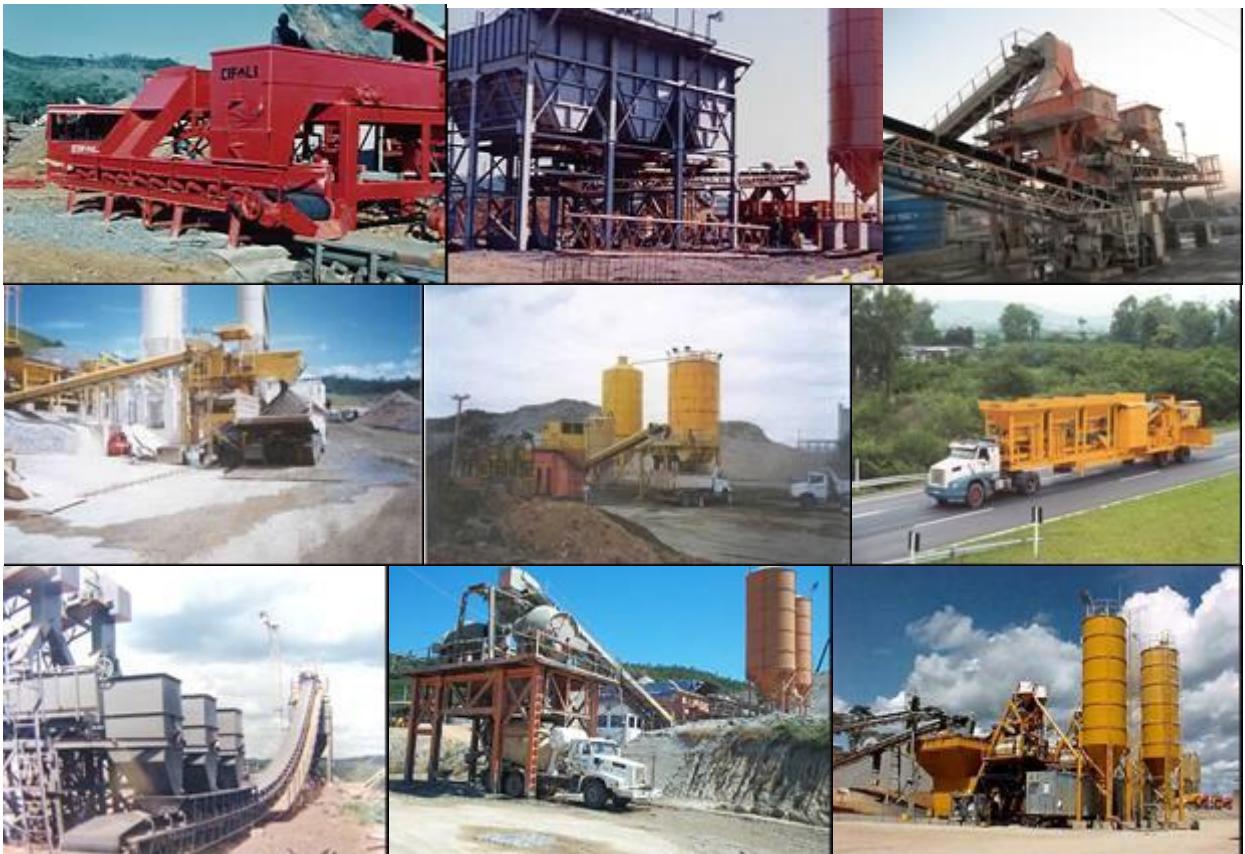




Two vertical impactor crushers to produce crushed sand and fines

## 5.2- Production-Batch Plant

The RCC can be produced both in conventional type mixer, as continuous mixer plants with specific features for obtaining the RCC or gravimetric plant, also continuous mixing, or with low mixing time (~ 50 seconds) and whose production line can be equipped with forced type mixers. For the Brazilian RCC dam construction, various types or models are being used to reach the production rate and the required placement speed.



Different types and models of batch plant and mixers for RCC Production used in Brazil

### 5.3- Handling- Transport

The most common means of transport the RCC from the batch plant to the placement is dump rear trucks. In some works a conveyor belt up to the point of loading the trucks, and reaching the placement area, was used.

A multiple transport system, with truck, chute and belt, can also be used. It is important to note that the transport to the front of pouring must be conducted in a way that does not occur any segregation, contamination or drying.



Regular and off road dump rear trucks

Washing the tires



Belt conveyor



Belt conveyor and chute

### 5.4- Placement

A contribution from the

Currently, there are two methods mostly used to pour RCC, during the construction of a dam, and the choice of one of the processes depends on the design and location of the enterprise. Such methods are highlighted below.

#### 5.4.1-Horizontal Layer Method

The RCC placement in dams usually runs in extensive horizontal layers, considered the traditional method.



RCC placement by extensive horizontal layers, considered the traditional method

#### 5.4.2- Sloped Layer Method

Even though, the concrete placement with a front head in ramp was used in Brazil for CVC mass construction since the years 70's some RCC dam construction started using the methodology around the years 95, during the placement in Jiangya Dam, in China. This procedure was used for the first time for RCC placement in Lajeado Hydro Project in the 2000's



RCC placement using sloped layer method

#### 5.4.3- Dam Faces

**CVC Face:** When the CVC is adopted for the faces, the concrete is poured in a layer of around 0,5m (width)\* 0,3m (height after compaction) and around 10m (long) in front of the head of RCC placement.



CVC placement for the dam face

**GeRCC Face:** In this alternative, the grout is poured on the RCC surface, close near the face.

## 5.5- Height of the Layers

Even though, the RCC placement is normally poured in layers with a height of 0,3m (as compacted), actually in some new projects there are a tendency to adopt 0,45m. However, nowadays in the Brazilian RCC dams the layers still remain being poured with 0,30m in height.

## 5.6- Spreading and Layer Height

Crawler dozer with frontal blade is normally used in Brazil, in the range of 12ton (95HP) to 19ton (170HP) type. This equipment has proven to be best for spreading RCC. It is fast, sufficiently accurate, and contributes to uniformly compacted RCC. By careful spreading, a bulldozer may remix RCC and minimize the segregation that can occur in dumping.

Subject	Practice
Layer Height	300mm
Spreading	Front blade tractor with power between 90 and 150HP and weight between 8 and 17t (equivalent to D4 to D6).



Front blade tractors

## 5.7- Compaction and Vibration

The present technology of RCC depends upon compaction by vibratory roller. Vibratory rollers within the regular standard data (10 tons to 12 tons) have proven, in most cases, to be effective in compacting RCC mixtures typically used in the Brazilian dam construction. For confined areas small rollers and/or vibratory plates are useful.

Subject	Practice
<b>RCC compaction</b>	Smooth vibratory rollers, single or double drum, weighing around 10t, with frequency, amplitude and translational speed controlled so that under certain number of passes required density to reach the established dosage
<b>CVC or GeRCC Vibration</b>	The routine has varied depending on the cost of labor, equipment availability and type of face adopted (GE-RCC, or CVC) immersion vibrators for the CVC



**Compaction rollers of different types, models and sizes, vibratory plate for RCC and immersion vibrator for CVC and/or GeRCC, normally used in Brazil**

## 5.8- Protection and Cure

Subject	Practice
<b>Protection during placement</b>	Nebulization through water-air pipe or nebulizers
<b>Cure</b>	Manual or fixed or misted air sprinklers on agricultural tractors



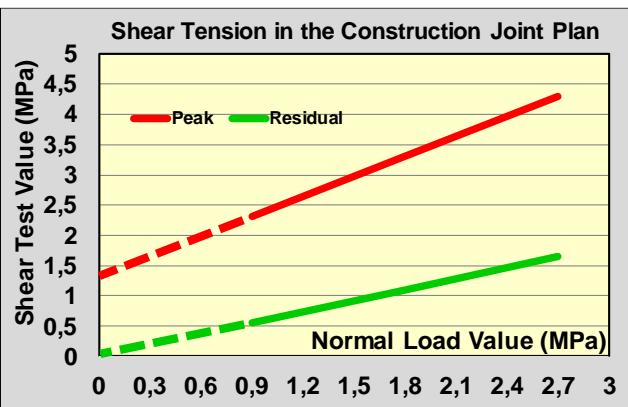
**RCC protection during placement and curing, with different equipment, tool and manner, during Brazilian RCC construction**

## 5.9- Construction Joint Treatment

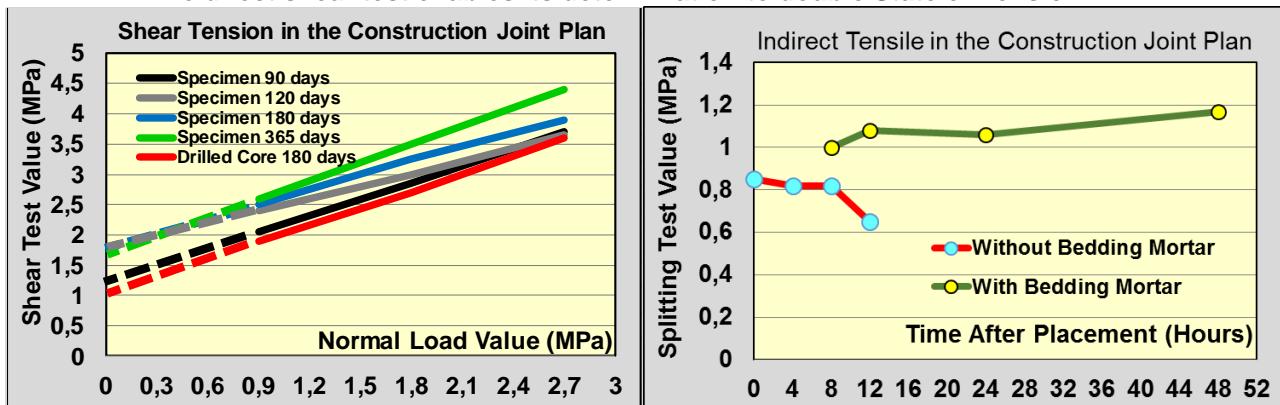
Due to the fact that it is impracticable to pour concrete continuously throughout the body of the dam without long interruptions, the formation of construction joints is inevitable. Even in RCC constructions, if the time elapsed between the placement of two successive layers is excessive, there may be cold joints

Subject	Practice
Surface Cleaning	Just when the next RCC layer is poured before than 4 hours during the day time or 8 hours during night time. Humid blow air is adopted
Surface Cleaning and bedding mortar	When the RCC placement will be after the period above, is normally applied bedding mortar just in about 25% of the layer area, close near the upstream face
CVC or GeRCC construction Joint	Green cut is applied, additionally to the above period of time

The procedures above mentioned are adopted based on laboratory and test fill researches performed since the years 80's. Some data are informed bellow [26; 46]



The direct shear test enables its determination to double State of Tension [From 46]



Results from shear and splitting test on specimens with different conditions of surface exposition [46]



RCC surface cleaning for the subsequent placement with humidity air

Green cut applied on CV/C surface



**Bedding mortar being applied on the surface of RCC construction Joint**

### 5.10- Contraction Joint Casting

The practice of forming of the contraction joint in the CCR, practically can be summarized as the following:

Subject	Practice
Contraction Joint in the Dam body	For the most part, use metal or wood and feedback for the placement of plastic membrane, removing the template right before the compaction
Contraction Joint at the Faces	Metal frames or plywood



**Casting of the contraction joint, by inserting metal blade with help of hammer break**

**Casting of the contraction joint, by placing wood plate together and removing the plastic wood board**



**A new, and simple approach to cast the contraction joint, adopted recently in a RCC Dam in Brazil**

In order to avoid the occurrence of thermal shrinkage cracks, contraction joints are provided between blocks of RCC typically spaced every 15 m, eventually reaching 20 m. In the region of the faces, a double line of water-stops together with a drain is normally used.



40



Double line of PVC water-stops, drain and the aspect of the face at contraction joint with the water-stop

## 5.11- Galleries

Subject	Practice
Galleries	In most of the RCC dam constructions the molding of the galleries has been made through the use of conventional forms on the walls and precast concrete elements for roofing. The stairs and access has been executed with elements, too, precast



Different alternatives for casting the galleries

## 6-QUALITY CONTROL

### 6.1- General Aspects

During the construction of a RCC dam, due to the speed, all materials are verified previously. Cement, aggregates, admixtures, water stops, are certified in advance. The RCC concrete is controlled in 3 steps:

- Fresh RCC mixture
  - in laboratory (during the mix proportion stage);
  - at the batch plant (during production)
- During RCC placement
- Hardened RCC (in laboratory)
- Drilled cores from the dam body

In any solution, the particularity of RCC consistency, with low water content and high content of fines, requires continuous evaluation process of mixing and transport.



Laboratory tools for RCC sampling



Sampling RCC



Preparing the RCC for tests

### 6.2- RCC Fresh Mixture



Consistency/Workability and Unit Weight determination using VeBe apparatus



Determination of the Unit Weight and Water Content using DMA (*"Dispositivo Medidor de Agua"*- Apparatus for Water Content Measurement) apparatus, developed by Pacelli around 2003.

42

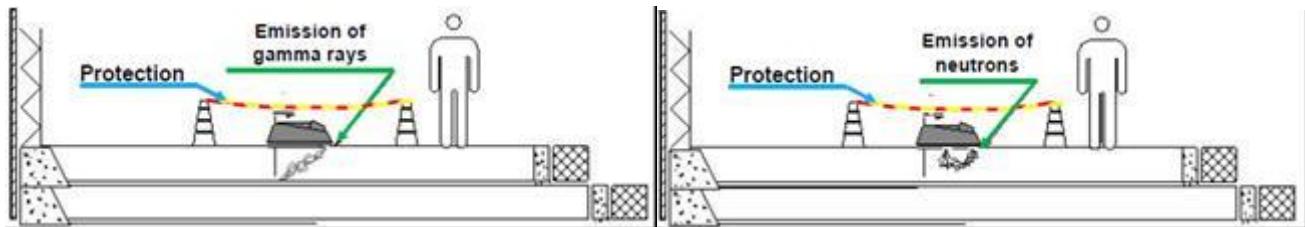


Permeability of the fresh RCC to evaluate the aggregate skeleton in laboratory



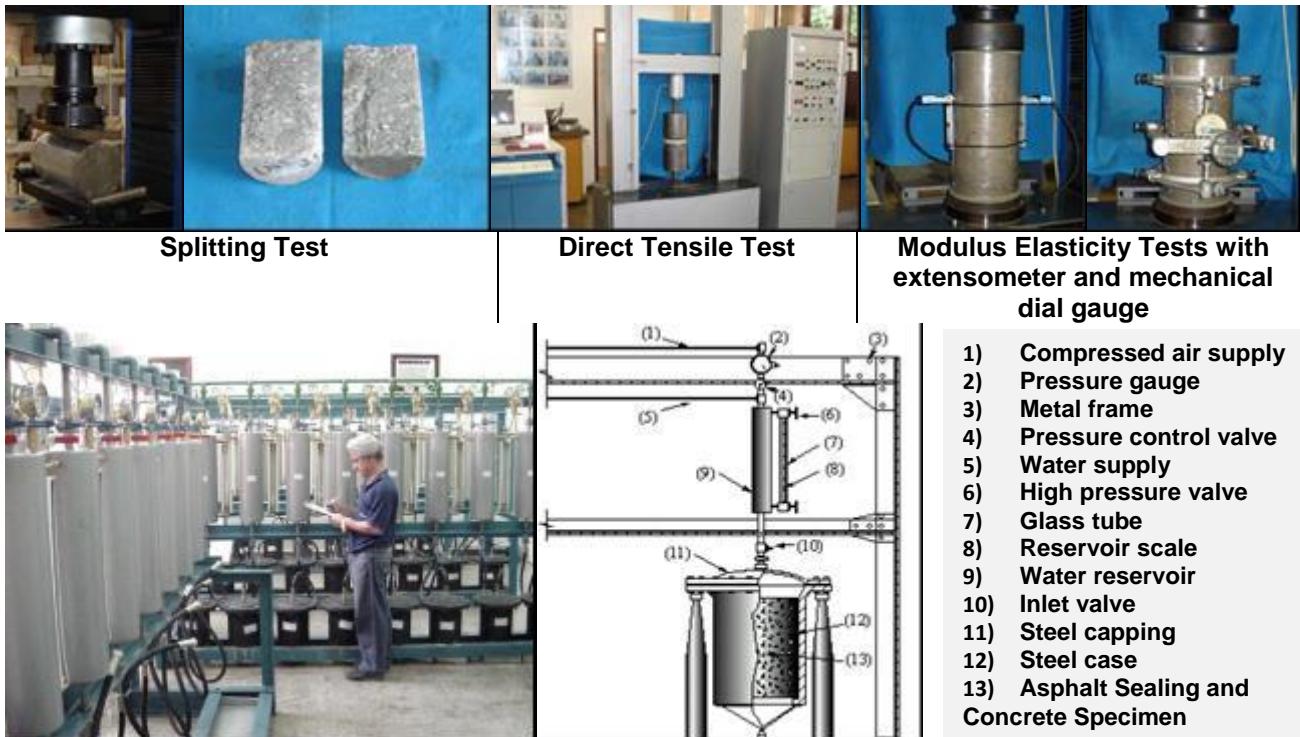
Casting cylindrical specimens with RCC

### 6.3- During the RCC Placement



Determination of density, moisture and Unitary Water with Nuclear Densometer

## 6.4- Hardened RCC



## 6.5- On Drilled Cores



Drilled cores for test and inspection of the behavior of the construction joint and bedding mortar use

## 6.6-Example of a Quality Control Procedure Adopted during a Large RCC Dam- Salto Caxias [38]

### 6.6.1- General Information

During construction of approximately 950,000m<sup>3</sup> of RCC for the dam and spillway massive portion of Salto Caxias Power Plant, materials and concrete Quality Control System experienced adjustments and fine-tuning.



**Salto Caxias during construction- as prepared for a large flow- around 15.000m<sup>3</sup>/s- (7.500m<sup>3</sup>/sec through the sluiceway and 7.500m<sup>3</sup>/sec over the dam under construction)**

The Quality Control System, in use from late 95 to mid-98, could be divided in two very different periods, with many procedures having been modified or improved.

Forty-two ***Operational Standard Procedures*** - “OSP” were developed in order to guide and control actions. The two basic periods that can be noticed are:

<u>Period</u>	<u>Term</u>	<u>RCC volume (m<sup>3</sup>) placed</u>
<b>Initial</b>	II/96 to V/96	111,200
<b>Final</b>	VI/96 to VI/98	834,400
<b>Global</b>	II/96 to VI/98	945,600

During the initial period, the different teams were adjusted and operational difficulties evaluated and overcome. During the final period, much longer and responsible for a bigger RCC volume, procedures and actions resulted in the improvement of results and control. These adjustments and implementations occurred in three different basic groups as described further on.

### 6.6.2-Tests for RCC Quality Control

“**OSPs**”- *Operational Standard Procedures* - were established for innumerable tests in order to discipline, guide and organize actions and routines.

The following tests were considered:

- VeBe Consistency (without Weight);
- RCC Moisture - Hotplate Drying Test;
- RCC Moisture - “WMD” (DMA in Portuguese);



- Density through compaction on VeBe apparatus;
- Grain Curve and Modulus of Fineness of RCC mix;
- Cement content of RCC by the neutralization heat method;
- Grain Size Curve, Modulus of Fineness, Powdered Material, Absorption, and Aggregate Density at individual ranges;
- Density Tests on specimens of hardened RCC;
- Density, moisture and compaction ratio of RCC at the placement front, by use of a Nuclear Densometer;
- CVC (conventional) concrete temperature (Pre-cooled) at upstream face;
- Simple axial compressive strength test and diametral (splitting) compression tensile strength tests on cylinder specimens;
- Characteristics of the specimens from cores drilled from the dam - Density, Compressive Strength, Absorption, Modulus of Elasticity, Direct Tensile Strength and Indirect Tensile by Splitting Test (Brazilian Test).

#### 6.6.3- Procedures Related and Helpful to Control

**“OSPs”- Operational Standard Procedures**, were also established for complementary and auxiliary routines, considering:

- Calibration of batching and mixing (tilting for CVC and Continuous for RCC) plants and control of anomalies that cause variations;
- Content correction of RCC components, by controlling the moisture content of aggregates;
- Control of cement content and lost in calibration of the plant that causes variation;
- Control of water content and irregularities that cause variation;
- Control of segregation;
- Control of the software and hardware operating at the batching and mixing plants;
- Control of roller speed and number of passes;
- Control of compaction reaching to lower part of the lifts;
- Control of water loss of RCC mix between production and compaction;
- Statistical control of RCC cylinder test results regarding strength, development with age, and coefficient of variation;
- Statistical control of test results regarding fresh concrete uniformity control;
- Statistical control of test results at placement front with a nuclear densometer;
- Control of mortar poured on joint construction surface;
- Control of interval between mixing (at Concrete Plant) and compaction;
- Control of lift height
- Control of construction joint surface treatment;
- Checking of RCC mass temperature, through installed thermometers;
- Checking of sliding of contraction joints through installed extensometers in RCC;
- Checking of water pressures at RCC mass through installed piezometers in RCC.

#### 6.6.4- Actions on Equipment and Material adjustments

**“OSPs”- Operational Standard Procedures** were established for actions and equipment, considering:



- Discharge chute adaptation to avoid segregation at the exit of mixers;
- Use of reverse direction conveyor belts in order to avoid segregation;
- Control of powdered material grading and crushed sand absorption by observing proportioning between different basalt types;
- Use and calibration of different types of “WMD” apparatus;
- Use of tractor with agricultural fogging sprinklers for the RCC dam cure;
- Compaction control focused on uniformity of lift base;
- Use of crushed sand with 18% of powdered material, for the RCC, as well as the CVC for upstream face..

#### 6.6.5- Data on Material Control

The following statistical parameters on material control were established based on procedures adopted:

<b>Period/ Evaluation</b>	<b>Initial</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Grain Size- Modulus of Fineness	Sand = 6.6%	Sand = 5.1%	Sand = 5.6%
Coefficient of Variation	Coarse 25 = 3.4% Coarse 50 = 2.7%	Coarse 25 = 2.5% Coarse 50 = 0.9%	Coarse 25 = 3.2% Coarse 50 = 1.7%
Absorption - Coefficient of Variation	Sand = 28.9%	Sand = 23.1% Coarse 25 = 27.3% Coarse 50 = 36.5%	Sand = 27.3% Coarse 25 = 27.3% Coarse 50 = 36.5%
Fines Content (< 0.075mm)	Sand = 13.7%	Sand = 7.4%	Sand = 9.5%
Coefficient of Variation	Coarse 25=45.3% Coarse 50=53.3%	Coarse 25= 28.1% Coarse 50= 33.5%	Coarse 25= 37.5% Coarse 50= 48.2%
Aggregate Density Coefficient of Variation	Sand = 1.5%	Sand = 1.1% Coarse 25= 2.5% Coarse 50= 1.9%	Sand = 1.4% Coarse 25= 2.5% Coarse 50= 1.9%

Statistical data on materials control

#### 6.6.6- Data on Fresh RCC Mix Control

Tests on fresh mixes show the following parameters:

<b>Period/ Evaluation</b>	<b>Initial</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Consistency- Coefficient of variation (%)	13	21.1	20.3
Cement content- Coefficient of Variation (%)	12.4	4.8	5.8
RCC Humidity at Plant- Coefficient of variation (%) Hot-plate	9.2	5.4	5.9
RCC Humidity at Plant- Coefficient of Variation (%) WMD	N/A	1.9	1.9
Density by VeBe apparatus- Coefficient of Variation (%)	3.5	2.1	2.3
Field Density - Coefficient of Variation (%)	2.13	1.53	1.68

Statistical data on Fresh mix RCC

<b>Period / Evaluation</b>	<b>Initial</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Drilled Cores Density- Coefficient of Variation (%)	1.89	1.77	1.78

Density data on RCC drilled cores test specimens

Factors that contribute to the reduction of RCC resistance variation coefficient are a decrease in cement content variation and water content during production.



47

The cement content variation was reduced mainly by controlling calibration of cement scales, not only by performing tests on the cement content, but also by implementing a routine of anomaly-reducing actions.

Water content variation was reduced essentially by a rigorous control of the moisture of the aggregates (sand, coarse 25 and coarse 50mm).

By controlling water content and aggregates, a reduction in the consistency variation was expected and can be observed along the final period. The study however, was distorted by the fact that together with control actions VeBe was implemented without weight instead of with weight, attempting to improve method accuracy. The greater subjectivity of the VeBe method with weight (smaller variation amplitude) indicates that the value obtained is closer related to the subjectivity of the observer, reducing its significance.

The reduction of the density variation of the RCC compacted at the VeBe apparatus, is also a product of the reduction of the variation of aggregates and water content.

By comparing results from tests performed at the plant and in field and from experience gained during testing and production control, it is possible to notice:

- ✓ VeBe consistency tests performed during production, though very useful and efficient in determining the consistency, do not allow for adequate so that rapid measures can be taken in relation to individual water content control. If the intention is, specially, to reduce the compressive strength variation coefficient to levels similar to those of CVC;
- ✓ The same may be determined for the hotplate test where the variation if the test itself does not allow greater precision.

The WMD method presents adequate precision considering that one result is enough for detecting variations and taking actions. By comparing water content results from hotplate test to those resulting from the WMD method, the first evidently varies less in the same period.

A reduction in density variation measured in field by the nuclear densometer was caused mainly by a greater lift homogeneity and RCC workability control at the concrete plant. The improvement of the lift homogeneity was caused by the change in the concept of control.

During the initial period, control wanted a 97% average compaction ratio. During the second period, on the other hand, the aim was to achieve a 97% compaction at the lower sublayer. This became possible and the average compaction ratio throughout the lift 98, 5 %.

Reduction of the workability variation at the concrete mixing plant was caused by factors already described with emphasis on the water content variation control at the plant.

### **6.6.7- Control of Hardened RCC and Test Results**

The same way, tests on molded RCC specimens have revealed the following parameters:

Period/ Evaluation	Initial	Final	Global
Density determined on cylinders- Coefficient of Variation (%)	N/A	1.15	1.15
Compressive Strength at 7 days- Coefficient of Variation (%)	25.4	19.3	20.0
Compressive Strength at 28 days- Coefficient of Variation (%)	27.2	17.4	18.6
Compressive Strength at 90 days- Coefficient of Variation (%)	18.8	16.0	16.3
Compressive Strength at 180 days- Coefficient of Variation (%)	21.1	14.5	15.3
Compressive Strength at 360 days- Coefficient of Variation (%)	23.3	13.7	14.8

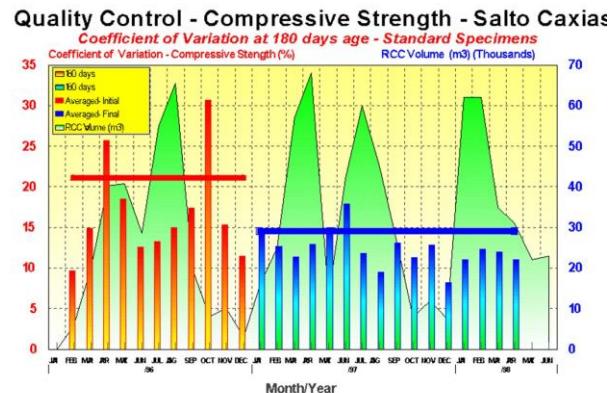
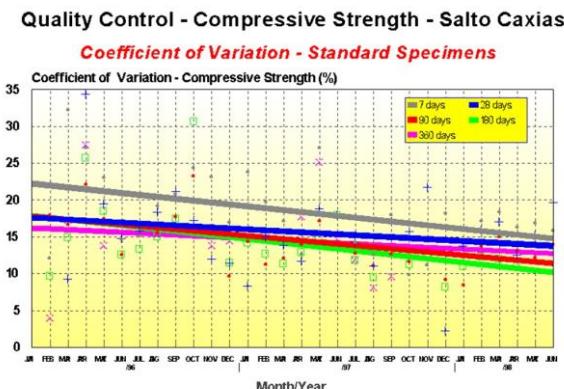
**Statistical data on tests performed on hardened RCC cylinders specimens**

Compressive strength variation was reduced on account of control actions implemented before, as already described. The average variation obtained still relates to the transition period and contains an added variation generated by resistance variation in all ages with environment temperature.

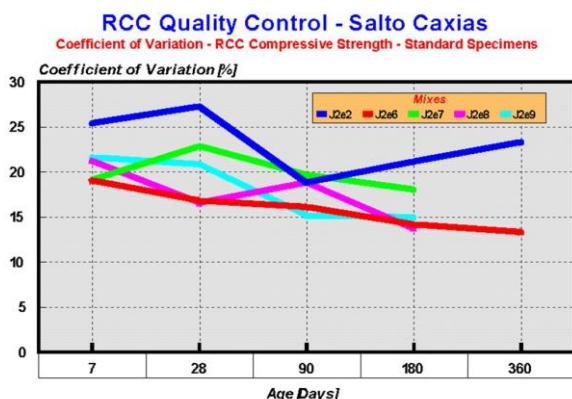
Evaluation	Initial	Final	Global
Compressive Strength at 480 days-Coefficient of Variation (%)	31.0	21.6	22.7

**Statistical data on tests performed on drilled cores specimens**

Figures bellow shows that at times, the monthly variation coefficient was below 10%. The most common values are between 11 and 13%.

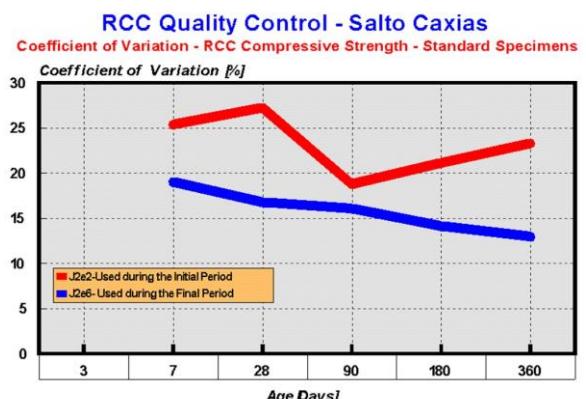


**Monthly evolution of the Coefficient of Variation at different control ages**



**Reduction of Coefficient of Variation for mixes used in many periods**

**Compressive strength- Coefficient of Variation (accumulated) at 180 days age for the two periods - initial and final.**

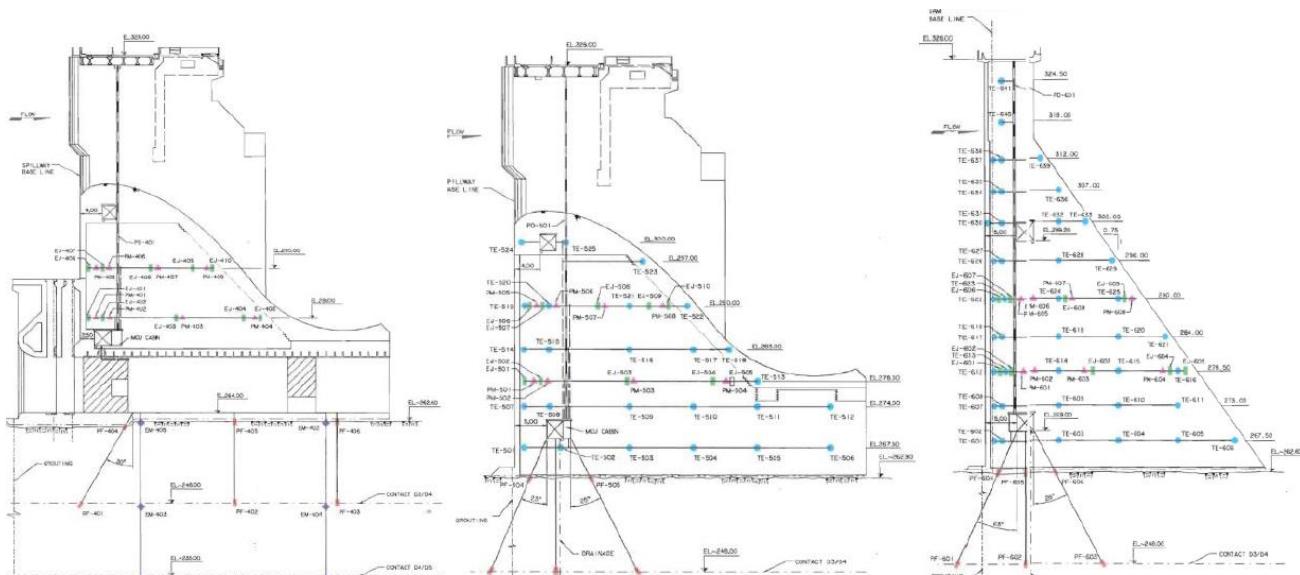


**Coefficient variation characteristics for most common mixes in each period**

## 7-INSTRUMENTATION

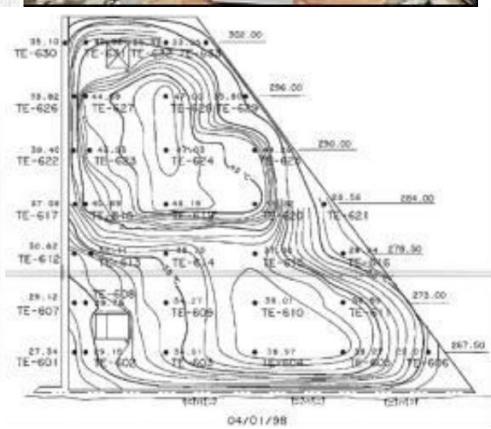
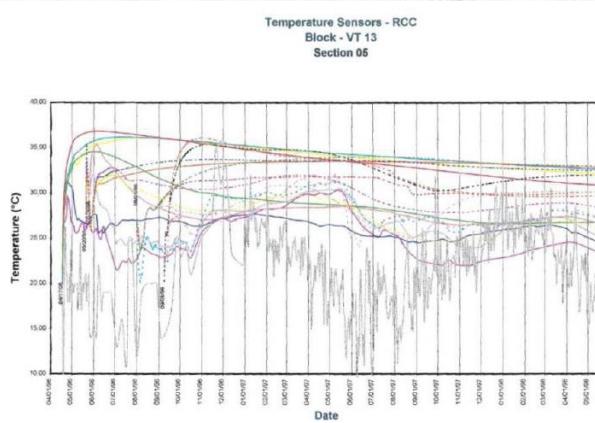
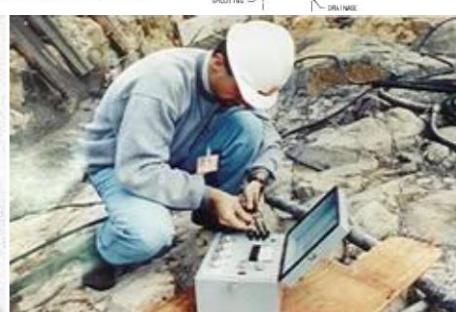
The monitoring of completed RCC dams consist of measurements obtained from instruments and visual inspections. Visual inspection and simple monitoring can take many forms and should be performed regularly. Seepage is the single-most-important item that can be evaluated in this manner.

Monitoring has been always a matter of concern in dams in Brazil and therefore almost all projects tend to have some type of instrumentation like thermometers, piezometers and rod extensometers. There is also a concern to reduce the number of instruments embedded in the RCC to avoid construction stoppages.



### LEGEND

- TE - VIBRATING WIRE TEMPERATURE SENSORS (66)
- EJ - VIBRATING WIRE EMBEDDED JOINTMETER (29)
- ▲ PM - VIBRATING WIRE CONCRETE PIEZOMETER (24)
- PF - VIBRATING WIRE FOUNDATION PIEZOMETER (41)
- ◆ EM - MULTIPLE EXTENSOMETER (06)
- ▬ PD - PENDULUM (03)



## 8-PERFORMANCE OF THE RCC DAMS

### 8.1- General Aspects

In a general view the Brazilian RCC Dams shows a satisfactorily performance, without statistical representativeness as informed before.



Umari RCC Dam

### 8.2- Damage due to Foundation Condition

The Camará RCC dam was built in between 2001-2002



Camará RCC Dam, just at the end of construction

In the early evening of June 17, 2004, a sharp break occurred in a stretch of the foundation of the dams. This accident in a public project does not happen routinely. So the owner went to investigate how the dam was built; how the accident occurred.

Eleven days later, the remaining part on the hole that caused the rapid emptying of the dam, also collapsed.



Sequence of the rupture, and the weathered rock and block under the dam contact

In the body of the dam, the rupture occurred near the left bank where the dam was set on fractured rocks with weathered material between blocks. With the elevation of the water level, grout injections were insufficient to prevent the permeability of the rock mass. The water pressure was gradually extruding the weathered material between the blocks in such a way as to facilitate the draining. There was a point at which the blocks were left without support and the horizontal thrust of the water pushed them, doing a stretch of the barrier off balance

### 8.3- Cracks and Contraction Joint Open

Due to the low content of binder and the climatic conditions of the region, cracking of Brazilian RCC dams has rarely occurred

In some dams, due to some sudden inflection in the foundation, the opening of contraction joints (usually positioned on these inflections) has been more pronounced.



**Aspect of the opening of a Contraction Joint within the dam. The Contraction Joint on an inflection of the foundation of rock mass of high modulus of elasticity**

#### 8.4- Leakage

Some Brazilian dams constructed in very remote zones, and- unfortunately- with not so trained workers, show some leakage due mainly to an inadequate compaction/vibration of the CVC poured as face.



**Leakage due to mistakes in the face concrete**

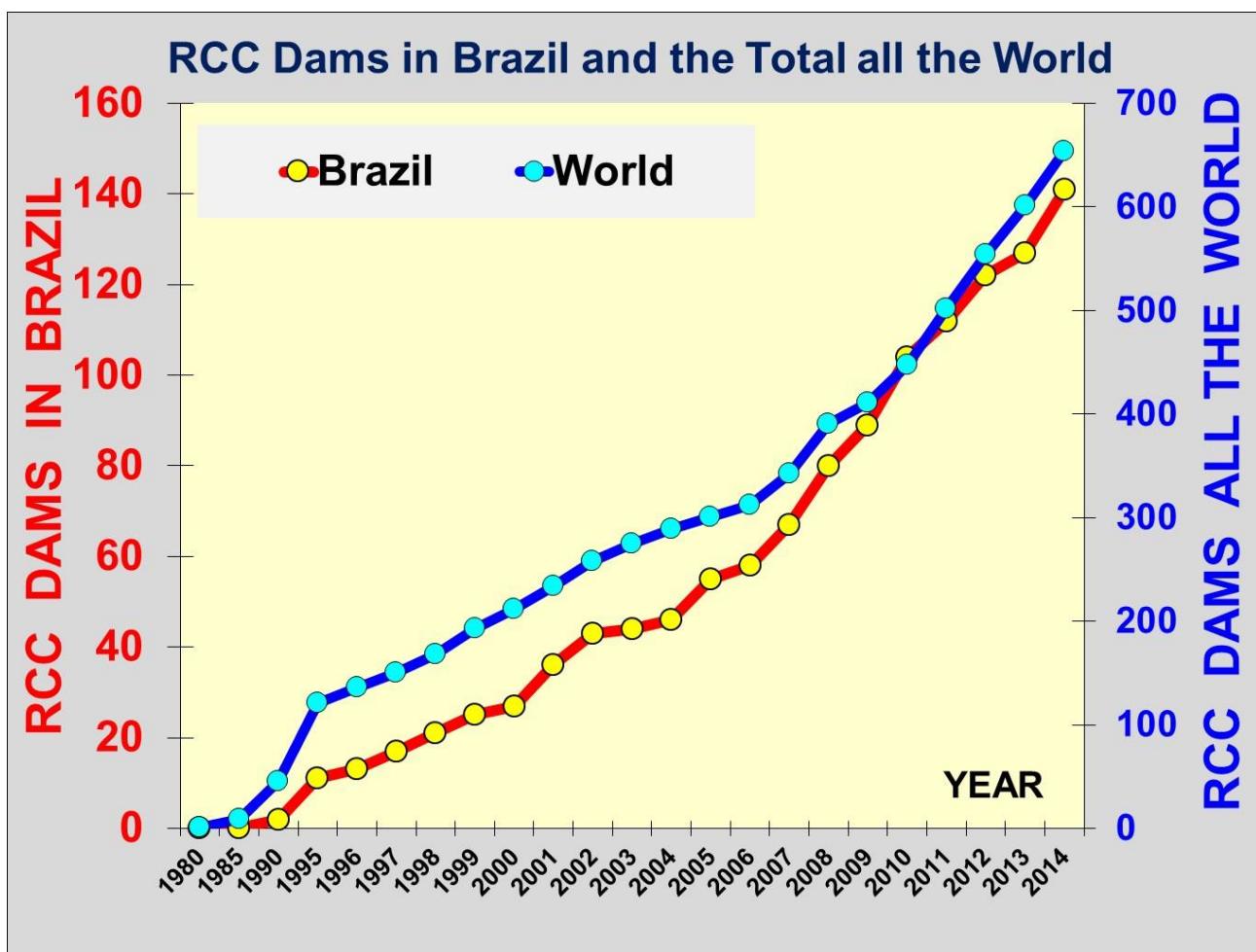


**Repair at Saco de Nova Olinda, by applying a PVC membrane by 2011/2012, about 25 years after the construction**

## 9-STATISTICAL DATA

The "statistics available" and researched in Brazil, by the writer and some colleagues, are depicted in the figure below and include more than 145 RCC dams, with more than 15.000.000m<sup>3</sup> of RCC.

The number of RCC dams in the world by the end of 2014 reaches more than 660, and may be a little more, because various entities from various countries avoid send information to reduce harassment of professionals on the decisions of the projects. Each information shows advantages and peculiarities in different places under different hydrological regimes and cannot assert one reason only for the preferences, which allow appropriate and correct judgment.



The **ANNEX I- RCC BRAZILIAN DAMS**, shows all the available information of each Project.



## 10-BRAZILIAN COOPERATION IN RCC PROJECTS ABROAD

The Brazilian Designers, Contractors, Laboratories and Consultants, Constructors, Laboratories, and Consultants developed opportunities to cooperate with foreign entities in relation to the expansion of the use of the RCC Technique.

The exchange of information with authorities and enterprises of other countries allowed the writer to affirm that Brazil is one of the countries that most studied the characteristics of RCC. Also, the Brazilian territorial dimension, led the search for unconventional solutions, the creation of alternatives which established a procedure for seeking to adapt to regional problems and idiosyncrasies, without the need to impose typically imported solutions or inadequate to the conditions of the region.

This procedure facilitates and provides solutions, sets achievements, and much more, it opens the eyes of professionals and leaders in search of other new solutions, enabling the reduction of costs and empowering the construction of new projects.

The cooperation of the Brazilian Professionals in some of RCC Dam Projects around the World is mentioned in **ANNEX II- BRAZILIAN COOPERATION ABROAD**.



## 11-BIBLIOGRAPHY

From 1976 up to May/2015, more than 500 Brazilian technical papers concerning RCC were published in Symposiums, Congresses, Magazines in Brazil and abroad, in many important Technical Organizations as:

- ICOLD- International Commission on Large Dams;
- CBDB- Comitê Brasileiro de Grandes Barragens;
- IBRACON-Instituto Brasileiro de Concreto;
- USCOLD- United States Committee on Large Dams;
- ACI- American Concrete Institute;
- International Symposiums on Roller Compacted Concrete;
- Water Power and Dam Construction

In this item the relevant references were:

- [01] ANDRIOLI, F.R.- “**RCC Brazilian Practices**”- Editora Oficina de Textos- São Paulo- 2002
- [02] ANDRIOLI, F. R.; BETIOLI, I.; SCANDIUZZI, L.- “**Concreto Adensado com Rolo Vibratório**”, in: Proceedings of the XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Rio de Janeiro, Brazil, April/1980.
- [03] CARVALHO, L. H.; REZENDE, S.; HOLANDA, F.G.- “**Barragem do Acauã- Otimização do Projeto com o Emprego do Concreto Compactado-CCR**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [04] ANDRIOLI, F.R.- “**Comparações de Características e Propriedades de Concreto Rolado, Aplicado no Brasil e em outros Países**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [05] ANDRIOLI, F.R. -“**Concreto Adensado com Rolo Vibratório: Sugestões para Projeto e Construção**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [06] ANDRIOLI, F. R.; GOTTARDO, G.; PEÑA D. F. - “**Uruguai : Uma Barragem em Concreto Rolado**”, in: Proceedings of the XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Brasília, Brazil, August 1987;
- [07] ANDRADE, W. P.; Fontoura, J. T. F.; BITTENCOURT, R. M.; GUERRA, E. A.- “**Estudos de Laboratório para Concreto Compactado com Rolo Vibratório, com Alto Teor de Pozolana**”, in: Proceedings of the XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Brasília, Brazil, August 1987;
- [08] ANDRADE, PACELLI de, W. “**Discussions; Brazilian Experiences in Roller Compacted Concrete**”, in: Transactions, Sixteenth International Congress on Large Dams Q62. San Francisco, June 1988. vol. III;
- [09] QUIN, J. T.; REZENDS, S. P. and SCHRADER, E. K.- “**Saco Dam - South America's First RCC Dam**”, in: Roller Compacted Concrete II. Proceedings of the RCC Specialty Conference San Diego, California. ASCE. New York, March 1988.
- [10] ZANELLA, MARIO RAUL; BRAGA, JOSÉ AUGUSTO; ROSARIO, LUIZ CESAR; AYALA, ADALBERTO G. CHENU; ANDRIOLI, FRANCISCO R.; GOLIK, MIGUEL. -“**Concreto Rolado – Ensaios Especiais**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;
- [11] GOLIK, MIGUEL A.; ANDRIOLI, FRANCISCO R. - “**Urugua-i (C.C.R.) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



56

[12] BRAGA, JOSÉ AUGUSTO; ROSARIO, LUIZ CESAR; DUARTE, JOSÉ D. CARRERAS; LACERDA, SAULO SILVA. - “Utilização de Finos - Subproduto de Britagem nos Concretos Rolado e Convencional”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;

[13] ANDRIOLI, F. R. -“General Report - TEMA I”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;

[14] REZENDE, PAULO FERNANDO VIEIRA SOUTO.- “Concreto Compactado a Rolo, Alternativa de Projeto Viável ou Não?”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;

[15] ANDRIOLI, F.R. – “Contribuições para o Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado”- Editora Graphos- Barber Greene do Brasil- 1989.

[16] BRAGA, J. A.; ZANELLA, M. R.; ZALESKI, J. M.; ANDRIOLI, F. R.- “Uso do Concreto Rolado - Projeto Capanda (Angola) - Ensaios Especiais”, in: Proceedings of the XIX Seminário Nacional de Grandes de Barragens. Aracaju, Brazil, March 1991;

[17] ANDRIOLI, F. R. and SCHMIDT, M. T.- “The Capanda RCC dam in Angola”, in: International Water Power & Dam Construction. United Kingdom, February 1992. vol. 44, nº 2;

[18] SCHMIDT, M. T.; CHAGAS, L. R.; ANDRIOLI, F. R.- “RCC: A Construction Technique with Economic and Planning Advantages (Staged Construction)”, in: Proceedings of the XVIII ICOLD Congress of large Dams. Durban, South Africa, November 1994.

[19] ANDRIOLI, F. R.- “RCC Properties”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.

[20] KREMPEL, A. F; ANDRIOLI, F. R.- “High Paste Content and Low Cement Mixes, Finely Crushed Rock, Specific Gravity, Compacting Ratio, Low Cost... Discussions and Values Obtained”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.

[21] KREMPEL, A. F.; ANDRIOLI, F. R. -“The Use of Basaltic Crushed Powder Filler in the RCC”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.

[22] OLIVEIRA, P. J.; SALLES, F. M.; ANDRIOLI, F. R. -“Crushed Powder Filler. The Use on RCC and the Reduction of Expansion due to the Alkali-Aggregate Reaction”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.

[23] BLINDER, S.; TONIATTI, N. B.; KREMPEL, A. F.- “RCC and CFR Dams - Costs Comparison”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995;

[24] KAMEL, K. S. F.; BABÁ, L. J. N.; BLINDER, S.; RAUEN, J. - “Selection Studies for Salto Caxias RCC dam”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995;

[25] BLINDER, SIMÃO; TONIATTI, NELSON BUHR; KREMPEL, ANTONIO FERNANDO.- “CCR X EFC Comparativo de Custos”, in: Proceedings of The I Simpósio de Obras em Concreto Compactado Com Rolo. São Paulo, Brazil, April 1995;

[26] SARKARIA, G. S.; ANDRIOLI, F. R. - “Special Factors in Design of High RCC Gravity Dams”, in: International Water Power & Dam Construction. April/August 1995.

A contribution from the



Brazilian Committee on Dams



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



57

[27] ANDRADE, WALTON PACELLI DE; ANDRIOLI, FRANCISCO RODRIGUES. -“**Barragens em CCR - Sistemas de Impermeabilização: Discussões, Sugestões e Uso**”, in: Proceedings of the II Simpósio Nacional de Concreto Compactado a Rolo. Curitiba, Brazil, March 1996;

[28] ANDRIOLI, F.R; BLINDER,S.; KREMPPEL, A.F.-“**Comparação de Custos do CCR a Partir de Vários Projetos**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998; ;

[29] LEVIS,P.; MAGNAVACA,R.; MUSSI,J.M.; KAMEL,K.F.S.; BABÁ, L.J.N.- “**Esquema de Desvio do Rio Iguaçu da Usina de Salto Caxias e Ocorrência de Galgamentos Programados da Barragem**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[30] LUIZ FEMANDO P OLIVEIRA, DOUGIAS EMERSON MOSER, JORGE MURAD P MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Barragem de CCR Salto Caxias - Controle de Qualidade dos Materiais e do CCR**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[31] LUIZ FEMANDO R OLIVEIRA, JORGE MURAD P MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI – “**Controle da Compactação Durante a Construção das Barragens de CCR de Jordão e Salto Caxias**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[32] ANTÔNIO RODIGUES GALLEGOS, JOSÉ GONÇALVES JR, MOACIR ALEXANDRE DE SOUZA DE ANDRADE, ROGÉRIO SALES GÓZ, RUBENS MACHADO BITTENCOURT, WALTON PIACELLI DE ANDRADE- “**Equipamentos para Executar Pista Experimental de Concreto Compactado com Rolo em Laboratório**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[33] GUILHERME LEROY, JÚLIO CÉSAR BORGES, MAURICE ANTOINE TRABOULSI, RICARDO LEAL FERNANDES- “**Laboratório para Estudos de Concreto Compactado com Rolo**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[34] CLÁUDIA HENRIQUE DE CASTRO, JOSÉ FRANCISCO FARAGE DO NASCIMENTO, JOSÉ TOMAZ FRANÇA FONTOURA, RODOLFO DE SOUZA PINTO-“**Estudos da Eficiência da Argamassa de Ligação entre Camadas de Concreto Compactado com Rolo**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[35] WALTON ANDRADE PACEILI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI-“**Dosagem do CCR: Alta Pasta?; RCD?; Pobre? Ou Adequado Teor de Finos?**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;

[36] FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**The Use of Roller Compacted Concrete**” –Editora Oficina de Textos, São Paulo, Novembro, 1998

[37] WALTON PACELLI DE ANDRADE, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**RCC Mix Proportioning: High Paste, RCD, Lean or Adequate Fines Content?**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;

[38] LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA, DOUGLAS EMERSON MOSER, JORGE MURAD P. MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Salto Caxias RCC Dam- Materials and RCC Quality Control**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;

[39] WALTON PACELLI DE ANDRADE, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**RCC Dams- Impervious Systems: Discussions, Suggestion and Usage**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



58

[40] LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA, JORGE MURAD P. MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Compaction Control During the Construction of Jordão and Salto Caxias Dam**”, in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;

[41] ANTONIO FERNANDO KREMPEL, LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA- “**Salto Caxias Project- Upstream Face Construction**”, in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;

[42] ELIZABETH LEOPOLDINA BATISTA, NEWTON GOULART GRAÇA, RUBENS MACHADO BITTENCOURT, WALTON PACELLI DE ANDRADE- “**Primeira Experiência Brasileira com Execução de Concreto Compactado com Rolo Rampado em Lajeado**” – XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens- CBDB- Fortaleza- Brasil-2001

[43] MARCELO DE SOUZA PICANÇO<sup>I</sup>; RÔMULO SIMÕES ANGÉLICA<sup>II</sup>; MÁRCIO SANTOS BARATA- “**Pozzolanic activity of zeolite-bearing sandstone from northeast Brazil**” - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará- 2011

[44] JORGE KAZUO YAMAMOTO- “**Prospecção e caracterização tecnológica de Basaltos Pozolânicos na borda leste da Bacia do Paraná**” Instituto de Geociências (IGC). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP, Brasil-31 de maio de 2006

[45] TAVARES, M.A.; ORIGA, M. A.; FONTOURA, J.T.F.; HOLANDA, E. R.; PACELLI, W.A.; ANDRIOLI, F.R- “**CAPANDA - RCC DAM - 12 YEARS QUALITY CONTROL DATA**”- Proceedings of the Fourth International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams 17-19 November 2003, Madrid, Spain;

[46]- MAURICE ANTOINE TRABOULSI- **Dissertação de Mestrado- “ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE JUNTAS DE CCR COM ALTO TEOR DE FINOS”**- PPGEc/ UFRGS= Porto Alegre- 2007



## 12- ACKNOWLEDGEMENTS

This text was developed under the auspices of the CBDB – Brazilian Committee on Dams. The lead writer of this text is Francisco Rodrigues Andriolo.

Various additional contributions were made by the following Professionals and Companies:

Brasil Pinheiro Machado	Intertechne Consultores S.A. and <b>President of the Brazilian Committee on Dams</b>
Antonio Fernando Krempel	Intertechne Consultores S.A.
Lourenço Justiniano Naotake Babá	Intertechne Consultores S.A.
Elizabeth Aparecida Buba	Intertechne Consultores S.A.
José Eduardo Moreira	PCE-Projetos e Consultorias de Engenharia
Libério Alves	PCE-Projetos e Consultorias de Engenharia
Margaret Rose Mendes Fernandes	DESENVIX Energias Renováveis S.A.
Maurice Antoine Traboulsi	FURNAS- ELETROBRÁS
José Augusto Braga	Consulting-Grupo Camargo Corrêa
José Roberto Brandão	Odebrecht
Walton Pacelli de Andrade	Consulting
Marcelo Protz	Consulting
Pedro Augusto Cassimiro de Araujo	Consulting
Ideval Bettioli	Consulting
Francilino Fernandes Netto	Consulting
Corrado Piassentin	Consulting



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



60

## **ANNEX I- RCC BRAZILIAN DAMS**

A contribution from the



***Brazilian Committee on Dams***



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



61

	
Name	<b>14 de Julho</b>
Purpose	H
Start Date	2006
Final Date	2008
Height (m)	33
Crest (m)	362
CVC (m <sup>3</sup> )	89.000
RCC (m <sup>3</sup> )	23.000
Cement Type	Port. Poz
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 15
	
Name	<b>Acauã</b>
Purpose	W
Start Date	1993
Final Date	1995
Height (m)	79
Crest (m)	674
CVC (m <sup>3</sup> )	60.000
RCC (m <sup>3</sup> )	674.000
Cement Type	Portland Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8
	
Name	<b>Água Limpa</b>
Purpose	H
Start Date	2011
Final Date	2012
Height (m)	34
Crest (m)	65
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	42.000
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	
Name	<b>Alto Iraí</b>
Purpose	H
Start Date	2007
Final Date	2008
Height (m)	41
Crest (m)	243
CVC (m <sup>3</sup> )	5.700
RCC (m <sup>3</sup> )	13.900
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



62

		Name	<b>Angelina</b>
Purpose	H		
Start Date	2007		
Final Date	2009		
Height (m)	45		
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Areia Branca</b>
Purpose	H		
Start Date	2008		
Final Date	2009		
Height (m)	28		
Crest (m)	257		
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Arvoredo</b>
Purpose	H		
Start Date	2009		
Final Date	2010		
Height (m)	37		
Crest (m)	245		
CVC (m <sup>3</sup> )	28.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	53.000		
Cement Type	Port. Poz.		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand	18		
(<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Bandeira de Melo</b>
Purpose	WS		
Start Date	2003		
Final Date	2005		
Height (m)	20		
Crest (m)	320		
CVC (m <sup>3</sup> )	27.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	75.000		
Cement Type	Port. Poz		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	70		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand	12 to 17		
(<0,075mm) (%)			

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**

	Name	<b>Barra dos Coqueiros</b>
	Purpose	H
	Start Date	2008
	Final Date	2009
	Height (m)	60
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	110.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	172.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	20
	Name	<b>Barra do Rio Chapéu</b>
	Purpose	W
	Start Date	2012
	Final Date	2013
	Height (m)	21
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Belo Jardim</b>
	Purpose	W
	Start Date	1995
	Final Date	1997
	Height (m)	56
	Crest (m)	420
	CVC (m <sup>3</sup> )	12.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	113.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	15
	Name	<b>Belo Monte</b>
	Purpose	H
	Start Date	2013
	Final Date	U. C.
	Height (m)	39
	Crest (m)	785
	CVC (m <sup>3</sup> )	2.145.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	630.000
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Fly Ash
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	7



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



64

		Name	<b>Bertarelo</b>
Purpose	W		
Start Date	1998		
Final Date	1999		
Height (m)	29		
Crest (m)	219		
CVC (m <sup>3</sup> )	35.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	80.000		
Cement Type	Port. Poz.		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 16		
		Name	<b>Cachoeira Grande</b>
Purpose	W		
Start Date	2004		
Final Date	2005		
Height (m)	15		
Crest (m)	207		
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Cachoeirão</b>
Purpose	H		
Start Date	2007		
Final Date	2008		
Height (m)	23		
Crest (m)	90		
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Caçu</b>
Purpose	H		
Start Date	2007		
Final Date	2008		
Height (m)	38		
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )	86.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	32.000		
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



65

		<b>Name</b> <b>Cajú</b> Purpose H Start Date 2009 Final Date 2010 Height (m) 16 Crest (m) CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Cement Type Cement (kg/m <sup>3</sup> ) Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand (<0,075mm) (%)  <b>Name</b> <b>Camará</b> Purpose WS Start Date 1998 Final Date 1999 Height (m) 56 Crest (m) 296 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Cement Type Cement (kg/m <sup>3</sup> ) Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand (<0,075mm) (%)  <b>Name</b> <b>Cana Brava</b> Purpose H Start Date 1999 Final Date 2001 Height (m) 71 Crest (m) 454 CVC (m <sup>3</sup> ) 306.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 527.000 Cement Type Port.B.F.S.C Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 90 Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Slag Fines in Sand 16 to 20 (<0,075mm) (%)  <b>Name</b> <b>Candonga</b> Purpose H Start Date 2001 Final Date 2003 Height (m) 53 Crest (m) 382 CVC (m <sup>3</sup> ) 120.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 240.000 Cement Type Port. B.F.S.C Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 90 Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) slag Fines in Sand 7 to 15 (<0,075mm) (%)
		
		

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



66

Name	<b>Canoas</b>
Purpose	W
Start Date	1995
Final Date	1997
Height (m)	51
Crest (m)	116
CVC (m <sup>3</sup> )	6.000
RCC (m <sup>3</sup> )	87.000
Cement Type	Pot. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	5

Name	<b>Caraíbas</b>
Purpose	IF
Start Date	1990
Final Date	1991
Height (m)	26
Crest (m)	160
CVC (m <sup>3</sup> )	4.000
RCC (m <sup>3</sup> )	18.000
Cement Type	Port. Poz
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8 to 10

Name	<b>Castanhão</b>
Purpose	FWIR
Start Date	1999
Final Date	2001
Height (m)	85
Crest (m)	668
CVC (m <sup>3</sup> )	140.000
RCC (m <sup>3</sup> )	890.000
Cement Type	OPC
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	7 to 10

Name	<b>Castro Alves</b>
Purpose	H
Start Date	2006
Final Date	2007
Height (m)	48
Crest (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	200.000
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	15

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



67

	Name	
	<b>Boa Fé</b>	
Purpose	H	
Start Date	2010	
Final Date	2011	
Height (m)	26	
Crest (m)	198	
CVC (m <sup>3</sup> )	26.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	32.000	
Cement Type	Port. Poz.	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	82	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
	<b>Cotiporã</b>	
Purpose	H	
Start Date	2007	
Final Date	2007	
Height (m)	16	
Crest (m)	196	
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	21.000	
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Port. Poz.	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12	
	<b>Cova da Mandioca</b>	
Purpose	I	
Start Date	1993	
Final Date	1994	
Height (m)	35	
Crest (m)	360	
CVC (m <sup>3</sup> )	4.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	75.000	
Cement Type	Port. Poz.	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	7 to 14	
	<b>Cristalândia</b>	
Purpose	WS	
Start Date	2007	
Final Date	2008	
Height (m)	28	
Crest (m)	448	
CVC (m <sup>3</sup> )	7.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	60.500	
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Criúva</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2008</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2009</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>48</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>246</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>15.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>80.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Pot. Poz.</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>90</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>14</td></tr> </tbody> </table>	Name	Criúva	Purpose	H	Start Date	2008	Final Date	2009	Height (m)	48	Crest (m)	246	CVC (m <sup>3</sup> )	15.000	RCC (m <sup>3</sup> )	80.000	Cement Type	Pot. Poz.	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	14
Name	Criúva																								
Purpose	H																								
Start Date	2008																								
Final Date	2009																								
Height (m)	48																								
Crest (m)	246																								
CVC (m <sup>3</sup> )	15.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	80.000																								
Cement Type	Pot. Poz.																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	14																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Dona Francisca</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1998</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2000</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>63</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>670</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>180.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>485.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz.</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>90</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>12 to 15</td></tr> </tbody> </table>	Name	Dona Francisca	Purpose	H	Start Date	1998	Final Date	2000	Height (m)	63	Crest (m)	670	CVC (m <sup>3</sup> )	180.000	RCC (m <sup>3</sup> )	485.000	Cement Type	Port. Poz.	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 15
Name	Dona Francisca																								
Purpose	H																								
Start Date	1998																								
Final Date	2000																								
Height (m)	63																								
Crest (m)	670																								
CVC (m <sup>3</sup> )	180.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	485.000																								
Cement Type	Port. Poz.																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 15																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Ernesto Dreher</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2008</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2009</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>23</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>220</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>6.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>29.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz.</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>85</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>14</td></tr> </tbody> </table>	Name	Ernesto Dreher	Purpose	H	Start Date	2008	Final Date	2009	Height (m)	23	Crest (m)	220	CVC (m <sup>3</sup> )	6.000	RCC (m <sup>3</sup> )	29.000	Cement Type	Port. Poz.	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	14
Name	Ernesto Dreher																								
Purpose	H																								
Start Date	2008																								
Final Date	2009																								
Height (m)	23																								
Crest (m)	220																								
CVC (m <sup>3</sup> )	6.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	29.000																								
Cement Type	Port. Poz.																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	14																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Esmeralda</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2005</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2006</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>15</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>12.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>15.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz.</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Esmeralda	Purpose	H	Start Date	2005	Final Date	2006	Height (m)	15	Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )	12.000	RCC (m <sup>3</sup> )	15.000	Cement Type	Port. Poz.	Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Esmeralda																								
Purpose	H																								
Start Date	2005																								
Final Date	2006																								
Height (m)	15																								
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )	12.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	15.000																								
Cement Type	Port. Poz.																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



69

A photograph showing the long, straight concrete dam wall extending from the foreground into the distance across a body of water under a blue sky with clouds.	
Name	<b>Estreito</b>
Purpose	FWIR
Start Date	1995
Final Date	1996
Height (m)	26
Crest (m)	300
CVC (m <sup>3</sup> )	2.000
RCC (m <sup>3</sup> )	12.000
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10
A photograph of a dam with a large concrete溢流堰 (overfall溢流堰) where water is cascading down, set against a backdrop of hills and a cloudy sky.	
Name	<b>Flor do Sertão</b>
Purpose	WS
Start Date	2005
Final Date	2006
Height (m)	19
Crest (m)	245
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
A photograph showing a large concrete dam with multiple stepped sections and water cascading over its top, situated in a hilly landscape.	
Name	<b>Fortuna</b>
Purpose	H
Start Date	2011
Final Date	2012
Height (m)	
Crest (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
A photograph of a large concrete dam with a steep, stepped profile, situated in a mountainous area with a reservoir in the background.	
Name	<b>Fundão</b>
Purpose	H
Start Date	2005
Final Date	2006
Height (m)	43
Crest (m)	445
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
RCC (m <sup>3</sup> )	200.000
Cement Type	Pot. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10 to 15

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



70

Name	<b>Funil</b>
Purpose	H
Start Date	2007
Final Date	2008
Height (m)	50
Crest (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

Name	<b>Furquim</b>
Purpose	H
Start Date	2000
Final Date	2002
Height (m)	18
Crest (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

Name	<b>Gameleira</b>
Purpose	FWIR
Start Date	1990
Final Date	1991
Height (m)	29
Crest (m)	150
CVC (m <sup>3</sup> )	2.000
RCC (m <sup>3</sup> )	27.000
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	65
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	5 to 10

Name	<b>Guilman Amorin</b>
Purpose	H
Start Date	1995
Final Date	1997
Height (m)	32
Crest (m)	499
CVC (m <sup>3</sup> )	27.000
RCC (m <sup>3</sup> )	85.000
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



71

		Name	<b>Henrique Kotzian</b>
Purpose	H		
Start Date	2007		
Final Date	2008		
Height (m)	42		
Crest (m)	107		
CVC (m <sup>3</sup> )	18.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	58.000		
Cement Type	Port. Poz.		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	15		
		Name	<b>Ibirama</b>
Purpose	H		
Start Date	2009		
Final Date	2010		
Height (m)	15		
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Igarapeba</b>
Purpose	WS		
Start Date	2014		
Final Date	2015		
Height (m)			
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Ilha</b>
Purpose	H		
Start Date	2007		
Final Date	2007		
Height (m)			
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )	30.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	46.000		
Cement Type	Port. Poz.		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10		

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



72

A photograph of the Ipiranga Dam, showing its concrete face and the surrounding landscape.	Name	Ipiranga
	Purpose	H
	Start Date	2009
	Final Date	2011
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
A photograph of the Itaipu Dam under construction, showing the massive concrete walls and construction equipment.	Name	Itaipu
	Purpose	H- Back Fill
	Start Date	1976
	Final Date	1982
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	91
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	26 Fly Ash
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	4
A photograph of the Itiquira Dam, showing the dam structure and the surrounding landscape.	Name	Itiquira
	Purpose	H
	Start Date	2000
	Final Date	2002
	Height (m)	15
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	22.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
An aerial photograph of the Jararáca Dam, showing the reservoir and the surrounding forested terrain.	Name	Jararáca
	Purpose	H
	Start Date	2007
	Final Date	2007
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	30.200
	RCC (m <sup>3</sup> )	30.700
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	11

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



73

	Name	Jataí
	Purpose	H
	Start Date	2006
	Final Date	2008
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	45.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	João Borges
	Purpose	H
	Start Date	2012
	Final Date	2013
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	João Leite
	Purpose	WS
	Start Date	2003
	Final Date	2004
	Height (m)	55
	Crest (m)	380
	CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	270.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8
	Name	Jordão
	Purpose	H
	Start Date	1994
	Final Date	1995
	Height (m)	95
	Crest (m)	550
	CVC (m <sup>3</sup> )	77.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	570.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	14 to 17

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



74

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Juba 4</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>Start up</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td></td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Juba 4	Purpose	H	Start Date	Start up	Final Date		Height (m)		Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )		Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Juba 4																								
Purpose	H																								
Start Date	Start up																								
Final Date																									
Height (m)																									
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )																									
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Juba I</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1994</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>1995</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>21</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>238</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>17.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>96.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>75</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Juba I	Purpose	H	Start Date	1994	Final Date	1995	Height (m)	21	Crest (m)	238	CVC (m <sup>3</sup> )	17.000	RCC (m <sup>3</sup> )	96.000	Cement Type	Port. Poz	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Juba I																								
Purpose	H																								
Start Date	1994																								
Final Date	1995																								
Height (m)	21																								
Crest (m)	238																								
CVC (m <sup>3</sup> )	17.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	96.000																								
Cement Type	Port. Poz																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Juba II</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1994</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>1995</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>21</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>250</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>9.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>105.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>75</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Juba II	Purpose	H	Start Date	1994	Final Date	1995	Height (m)	21	Crest (m)	250	CVC (m <sup>3</sup> )	9.000	RCC (m <sup>3</sup> )	105.000	Cement Type	Port. Poz	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Juba II																								
Purpose	H																								
Start Date	1994																								
Final Date	1995																								
Height (m)	21																								
Crest (m)	250																								
CVC (m <sup>3</sup> )	9.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	105.000																								
Cement Type	Port. Poz																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Jubinha</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2015</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td></td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Jubinha	Purpose	H	Start Date	2015	Final Date		Height (m)		Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )		Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Jubinha																								
Purpose	H																								
Start Date	2015																								
Final Date																									
Height (m)																									
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )																									
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



75

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Jucazinho</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>FWIR</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1998</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2000</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>63</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>442</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>28.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>442.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Poz</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>80</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>12 to 16</td></tr> </tbody> </table>	Name	Jucazinho	Purpose	FWIR	Start Date	1998	Final Date	2000	Height (m)	63	Crest (m)	442	CVC (m <sup>3</sup> )	28.000	RCC (m <sup>3</sup> )	442.000	Cement Type	Port. Poz	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 16
Name	Jucazinho																								
Purpose	FWIR																								
Start Date	1998																								
Final Date	2000																								
Height (m)	63																								
Crest (m)	442																								
CVC (m <sup>3</sup> )	28.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	442.000																								
Cement Type	Port. Poz																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 16																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Lajeado</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1998</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2001</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>43</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>2.100</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>910.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>210.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>Port. Slag</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>80</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>Slag</td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>12</td></tr> </tbody> </table>	Name	Lajeado	Purpose	H	Start Date	1998	Final Date	2001	Height (m)	43	Crest (m)	2.100	CVC (m <sup>3</sup> )	910.000	RCC (m <sup>3</sup> )	210.000	Cement Type	Port. Slag	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Slag	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12
Name	Lajeado																								
Purpose	H																								
Start Date	1998																								
Final Date	2001																								
Height (m)	43																								
Crest (m)	2.100																								
CVC (m <sup>3</sup> )	910.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	210.000																								
Cement Type	Port. Slag																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Slag																								
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Lavrinha</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2009</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2010</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>85.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Lavrinha	Purpose	H	Start Date	2009	Final Date	2010	Height (m)		Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )	85.000	Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Lavrinha																								
Purpose	H																								
Start Date	2009																								
Final Date	2010																								
Height (m)																									
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )	85.000																								
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Linha Emilia</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2007</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2007</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>30</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>205</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>19.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>35.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>12</td></tr> </tbody> </table>	Name	Linha Emilia	Purpose	H	Start Date	2007	Final Date	2007	Height (m)	30	Crest (m)	205	CVC (m <sup>3</sup> )	19.000	RCC (m <sup>3</sup> )	35.000	Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12
Name	Linha Emilia																								
Purpose	H																								
Start Date	2007																								
Final Date	2007																								
Height (m)	30																								
Crest (m)	205																								
CVC (m <sup>3</sup> )	19.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	35.000																								
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12																								

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



76

	Name	Ludesa
	Purpose	H
	Start Date	2006
	Final Date	2007
	Height (m)	25
	Crest (m)	300
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

	Name	Major Gercino
	Purpose	H
	Start Date	2005
	Final Date	2006
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

	Name	Malhada das Pedras
	Purpose	FWIR
	Start Date	2000
	Final Date	2002
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	12.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

	Name	Maranguapinho
	Purpose	
	Start Date	2010
	Final Date	2012
	Height (m)	
	Crest (m)	2.198
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



77

	Name	<b>Marco Balbo</b>
	Purpose	H
	Start Date	2010
	Final Date	2010
	Height (m)	30
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	31.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	42.000
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	95
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	14
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Marrecas</b>
	Purpose	W
	Start Date	2012
	Final Date	2013
	Height (m)	35
	Crest (m)	430
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Mata Velha</b>
	Purpose	H
	Start Date	2014
	Final Date	2015
	Height (m)	30
	Crest (m)	180
	CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	45.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	16
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Mauá</b>
	Purpose	H
	Start Date	2010
	Final Date	2012
	Height (m)	85
	Crest (m)	745
	CVC (m <sup>3</sup> )	120.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	633.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	12 to 15
	(<0,075mm) (%)	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



78

	Name	Moinho
A photograph showing the Moinho Dam, a roller-compacted concrete dam with a white face and a brown base, situated in a hilly landscape.	Purpose	H
	Start Date	2009
	Final Date	2011
	Height (m)	19
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	16.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	9.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	16
	(<0,075mm) (%)	
	Name	Autódromo
A photograph of the Autódromo Dam, a large concrete dam with a white face and a brown base, set against a backdrop of green hills and mountains.	Purpose	H
	Start Date	2010
	Final Date	2011
	Height (m)	23
	Crest (m)	200
	CVC (m <sup>3</sup> )	26.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	21.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	84
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	Monte Claro
An aerial photograph of the Monte Claro Dam, a large concrete dam with a white face and a brown base, located in a deep, narrow valley surrounded by lush green trees.	Purpose	H
	Start Date	2003
	Final Date	2004
	Height (m)	36
	Crest (m)	180
	CVC (m <sup>3</sup> )	31.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	35.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	Mosquitão
A photograph of the Mosquitão Dam, a large concrete dam with a white face and a brown base, showing significant water discharge over its crest.	Purpose	H
	Start Date	2005
	Final Date	2006
	Height (m)	25
	Crest (m)	236
	CVC (m <sup>3</sup> )	19.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	57.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	8

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**

		Name <b>Negreiros</b>
Purpose	WS	
Start Date	U.C.	
Final Date		
Height (m)		
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		Name <b>Nilo Bonfanti</b>
Purpose	H	
Start Date	2009	
Final Date	2010	
Height (m)		
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		Name <b>Ninho da Águia</b>
Purpose	H	
Start Date	2009	
Final Date	2010	
Height (m)		
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		Name <b>Ouro</b>
Purpose	H	
Start Date	2010	
Final Date	2012	
Height (m)	16	
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



80

	Name	<b>Palanquinho</b>
	Purpose	
	Start Date	2009
	Final Date	2010
	Height (m)	50
	Crest (m)	137
	CVC (m³)	14.000
	RCC (m³)	89.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m³)	90
	Poz. Material (kg/m³)	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	16
	Name	<b>Parisoto</b>
	Purpose	H
	Start Date	2014
	Final Date	UC
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m³)	
	RCC (m³)	
	Cement Type	
	Cement (kg/m³)	
	Poz. Material (kg/m³)	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Passagem de Trairas</b>
	Purpose	W
	Start Date	1994
	Final Date	1995
	Height (m)	25
	Crest (m)	440
	CVC (m³)	1.000
	RCC (m³)	270.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m³)	80
	Poz. Material (kg/m³)	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Passos Maia</b>
	Purpose	H
	Start Date	2010
	Final Date	2011
	Height (m)	24
	Crest (m)	
	CVC (m³)	
	RCC (m³)	66.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m³)	90
	Poz. Material (kg/m³)	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	16

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



81

		<b>Pedra do Garrafão</b>
Name		
Purpose	H	
Start Date	2007	
Final Date	2008	
Height (m)	15	
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		<b>Pedras Altas</b>
Name		
Purpose	IW	
Start Date	2000	
Final Date	2001	
Height (m)	24	
Crest (m)	1090	
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	172.000	
Cement Type	BFSLC	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8	
		<b>Peixe Angical</b>
Name		
Purpose	H	
Start Date	2000	
Final Date	2002	
Height (m)	40	
Crest (m)	400	
CVC (m <sup>3</sup> )	82.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	500.000	
Cement Type	Port. Poz.	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	70	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10 to 15	
		<b>Pesqueiro</b>
Name		
Purpose	H	
Start Date	2001	
Final Date	2002	
Height (m)		
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )		
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



82

		Name	Pezzi
		Purpose	H
		Start Date	2012
		Final Date	2012
		Height (m)	29
		Crest (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	36.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	44.000
		Cement Type	Port. Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	95
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand	14
		(<0,075mm) (%)	
		Name	Picada
		Purpose	H
		Start Date	2003
		Final Date	2005
		Height (m)	33
		Crest (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
		Cement Type	
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand	
		(<0,075mm) (%)	
		Name	Pindobaçu
		Purpose	WS
		Start Date	2004
		Final Date	2005
		Height (m)	44
		Crest (m)	210
		CVC (m <sup>3</sup> )	10.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	75.000
		Cement Type	Port.Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	70
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand	10
		(<0,075mm) (%)	
		Name	Pipoca
		Purpose	H
		Start Date	2009
		Final Date	2010
		Height (m)	
		Crest (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
		Cement Type	
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand	
		(<0,075mm) (%)	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**

	<b>Name</b> <b>Pirapama</b>
	Purpose W
	Start Date 2000
	Final Date 2001
	Height (m) 42
	Crest (m) 300
	CVC (m <sup>3</sup> ) 50.000
	RCC (m <sup>3</sup> ) 87.000
	Cement Type Port. Poz
	Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )
	Fines in Sand
	(<0,075mm) (%)
	<b>Name</b> <b>Pirapetinga</b>
	Purpose H
	Start Date 2007
	Final Date 2008
	Height (m) 7
	Crest (m) 111
	CVC (m <sup>3</sup> ) 12.000
	RCC (m <sup>3</sup> ) 4.000
	Cement Type Port.Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )
	Fines in Sand
	8 (<0,075mm) (%)
	<b>Name</b> <b>Plano Alto</b>
	Purpose H
	Start Date 2007
	Final Date 2007
	Height (m) 38
	Crest (m) 172
	CVC (m <sup>3</sup> ) 36.000
	RCC (m <sup>3</sup> ) 42.000
	Cement Type Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )
	Fines in Sand
	17 (<0,075mm) (%)
	<b>Name</b> <b>Poço Marrua</b>
	Purpose WS
	Start Date 2010
	Final Date 2011
	Height (m) 47
	Crest (m) 870
	CVC (m <sup>3</sup> ) 13.000
	RCC (m <sup>3</sup> ) 293.000
	Cement Type Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )
	Fines in Sand
	(<0,075mm) (%)



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



84

	Name	<b>Ponto Novo</b>
	Purpose	I
	Start Date	1998
	Final Date	1999
	Height (m)	32
	Crest (m)	266
	CVC (m <sup>3</sup> )	15.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	90.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10
	Name	<b>Rastro de Auto</b>
	Purpose	H
	Start Date	2011
	Final Date	2013
	Height (m)	23
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Rio da Dona</b>
	Purpose	IW
	Start Date	1997
	Final Date	1998
	Height (m)	12
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	2.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	12.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Rio da Prata</b>
	Purpose	IW
	Start Date	1993
	Final Date	1994
	Height (m)	26
	Crest (m)	405
	CVC (m <sup>3</sup> )	14.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	61.000
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



85

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Rio do Peixe</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>1996</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>1997</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>25</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>300</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td>14.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td>20.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td>OPC</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>90</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td>8%</td></tr> </tbody> </table>	Name	Rio do Peixe	Purpose	H	Start Date	1996	Final Date	1997	Height (m)	25	Crest (m)	300	CVC (m <sup>3</sup> )	14.000	RCC (m <sup>3</sup> )	20.000	Cement Type	OPC	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8%
Name	Rio do Peixe																								
Purpose	H																								
Start Date	1996																								
Final Date	1997																								
Height (m)	25																								
Crest (m)	300																								
CVC (m <sup>3</sup> )	14.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	20.000																								
Cement Type	OPC																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8%																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Rio São Bento</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2000</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2002</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td>461</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Rio São Bento	Purpose	H	Start Date	2000	Final Date	2002	Height (m)		Crest (m)	461	CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )		Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Rio São Bento																								
Purpose	H																								
Start Date	2000																								
Final Date	2002																								
Height (m)																									
Crest (m)	461																								
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )																									
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Rodeio Bonito</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2012</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2013</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td>29</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Rodeio Bonito	Purpose	H	Start Date	2012	Final Date	2013	Height (m)	29	Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )		Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Rodeio Bonito																								
Purpose	H																								
Start Date	2012																								
Final Date	2013																								
Height (m)	29																								
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )																									
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Rondinha</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td>H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td>2012</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td>2014</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Name	Rondinha	Purpose	H	Start Date	2012	Final Date	2014	Height (m)		Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )		RCC (m <sup>3</sup> )		Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	Rondinha																								
Purpose	H																								
Start Date	2012																								
Final Date	2014																								
Height (m)																									
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )																									
RCC (m <sup>3</sup> )																									
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )																									
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)																									

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



86

A photograph showing the Rondon II dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated across a river. The dam is surrounded by green vegetation and a clear blue sky.	Name	<b>Rondon II</b>
	Purpose	H
	Start Date	2008
	Final Date	2010
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
An aerial photograph of the Rosal dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated in a valley. The dam is surrounded by green vegetation and a winding road leading to it.	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Rosal</b>
	Purpose	H
	Start Date	1998
	Final Date	1999
	Height (m)	37
	Crest (m)	212
	CVC (m <sup>3</sup> )	30.000
A photograph of the Saco Nova Olinda dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated in a valley. The dam is surrounded by green vegetation and a winding road leading to it.	RCC (m <sup>3</sup> )	45.000
	Cement Type	Port. Slag
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Slag
	Fines in Sand	8 to 9
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Saco Nova Olinda</b>
	Purpose	WIF
	Start Date	1985
	Final Date	1986
An aerial photograph of the Salto dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated in a valley. The dam is surrounded by red soil and construction equipment is visible at the base.	Height (m)	56
	Crest (m)	230
	CVC (m <sup>3</sup> )	11.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	132.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	70
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	15
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Salto</b>
An aerial photograph of the Salto dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated in a valley. The dam is surrounded by red soil and construction equipment is visible at the base.	Purpose	H
	Start Date	2007
	Final Date	2009
	Height (m)	42
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
An aerial photograph of the Salto dam, a large concrete gravity dam with a thick wall, situated in a valley. The dam is surrounded by red soil and construction equipment is visible at the base.	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



87

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th align="center"><b>Salto Caxias</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td align="center">H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td align="center">1996</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td align="center">1998</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td align="center">68</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td align="center">1.080</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">528.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">945.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td align="center">Port. Poz.</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center">80</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center"></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td align="center">12 to 15</td></tr> </tbody> </table>	Name	<b>Salto Caxias</b>	Purpose	H	Start Date	1996	Final Date	1998	Height (m)	68	Crest (m)	1.080	CVC (m <sup>3</sup> )	528.000	RCC (m <sup>3</sup> )	945.000	Cement Type	Port. Poz.	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 15
Name	<b>Salto Caxias</b>																								
Purpose	H																								
Start Date	1996																								
Final Date	1998																								
Height (m)	68																								
Crest (m)	1.080																								
CVC (m <sup>3</sup> )	528.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	945.000																								
Cement Type	Port. Poz.																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	12 to 15																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th align="center"><b>Santa Clara</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td align="center">H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td align="center">2003</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td align="center">2005</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td align="center">67</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td align="center">620</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">76.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">530.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td align="center">Port.Slag</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center">90</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center">Slag</td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td align="center">9</td></tr> </tbody> </table>	Name	<b>Santa Clara</b>	Purpose	H	Start Date	2003	Final Date	2005	Height (m)	67	Crest (m)	620	CVC (m <sup>3</sup> )	76.000	RCC (m <sup>3</sup> )	530.000	Cement Type	Port.Slag	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Slag	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	9
Name	<b>Santa Clara</b>																								
Purpose	H																								
Start Date	2003																								
Final Date	2005																								
Height (m)	67																								
Crest (m)	620																								
CVC (m <sup>3</sup> )	76.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	530.000																								
Cement Type	Port.Slag																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Slag																								
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	9																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th align="center"><b>Santa Cruz do Apodi</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td align="center">FWIR</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td align="center">1999</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td align="center">2001</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td align="center">57,5</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td align="center">1660</td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">10.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">1.023.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td align="center">OPC</td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center">80</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center"></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td align="center">18</td></tr> </tbody> </table>	Name	<b>Santa Cruz do Apodi</b>	Purpose	FWIR	Start Date	1999	Final Date	2001	Height (m)	57,5	Crest (m)	1660	CVC (m <sup>3</sup> )	10.000	RCC (m <sup>3</sup> )	1.023.000	Cement Type	OPC	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	18
Name	<b>Santa Cruz do Apodi</b>																								
Purpose	FWIR																								
Start Date	1999																								
Final Date	2001																								
Height (m)	57,5																								
Crest (m)	1660																								
CVC (m <sup>3</sup> )	10.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	1.023.000																								
Cement Type	OPC																								
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	18																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th align="center"><b>Santa Laura</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Purpose</td><td align="center">H</td></tr> <tr> <td>Start Date</td><td align="center">2006</td></tr> <tr> <td>Final Date</td><td align="center">2008</td></tr> <tr> <td>Height (m)</td><td align="center">27</td></tr> <tr> <td>Crest (m)</td><td align="center"></td></tr> <tr> <td>CVC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">13.000</td></tr> <tr> <td>RCC (m<sup>3</sup>)</td><td align="center">24.000</td></tr> <tr> <td>Cement Type</td><td align="center"></td></tr> <tr> <td>Cement (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center">90</td></tr> <tr> <td>Poz. Material (kg/m<sup>3</sup>)</td><td align="center"></td></tr> <tr> <td>Fines in Sand (&lt;0,075mm) (%)</td><td align="center">17</td></tr> </tbody> </table>	Name	<b>Santa Laura</b>	Purpose	H	Start Date	2006	Final Date	2008	Height (m)	27	Crest (m)		CVC (m <sup>3</sup> )	13.000	RCC (m <sup>3</sup> )	24.000	Cement Type		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	17
Name	<b>Santa Laura</b>																								
Purpose	H																								
Start Date	2006																								
Final Date	2008																								
Height (m)	27																								
Crest (m)																									
CVC (m <sup>3</sup> )	13.000																								
RCC (m <sup>3</sup> )	24.000																								
Cement Type																									
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90																								
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )																									
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	17																								

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



88

A photograph showing the concrete face of the Santa Rosa dam with water cascading over its spillway.	Name	<b>Santa Rosa</b>
	Purpose	H
	Start Date	2006
	Final Date	2008
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
An aerial photograph of the Santo Antonio dam, showing its large concrete structure and the reservoir it creates in a mountainous area.	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Santo Antonio</b>
	Purpose	H
	Start Date	2010
	Final Date	2011
	Height (m)	44
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	23.000
An aerial photograph of the Santo Antonio do Jari dam under construction, showing the concrete structure and surrounding construction equipment.	RCC (m <sup>3</sup> )	37.000
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	9
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Santo Antonio do Jari</b>
	Purpose	H
	Start Date	2012
	Final Date	2013
An aerial photograph of the São Bernardo dam, showing its concrete structure and the reservoir it creates in a forested area.	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	272.00
	RCC (m <sup>3</sup> )	108.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	110
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	16
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>São Bernardo</b>
An aerial photograph of the São Bernardo dam, showing its concrete structure and the reservoir it creates in a forested area.	Purpose	H
	Start Date	2004
	Final Date	2005
	Height (m)	20
	Crest (m)	120
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



89

	Name	<b>São Gonçalo</b>
	Purpose	H
	Start Date	2009
	Final Date	2010
	Height (m)	23
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	14.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	14.000
	Cement Type	Port.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	85
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	15
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>São José</b>
	Purpose	H
	Start Date	2008
	Final Date	2009
	Height (m)	
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>São Pedro</b>
	Purpose	H
	Start Date	2007
	Final Date	2009
	Height (m)	30
	Crest (m)	140
	CVC (m <sup>3</sup> )	13.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	22.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	11
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>São Roque</b>
	Purpose	H
	Start Date	2012
	Final Date	UC
	Height (m)	60
	Crest (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**

		<b>São Sebastião do Alto</b>
Purpose	H	
Start Date	2010	
Final Date	2011	
Height (m)	40	
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )	24.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	51.000	
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		<b>São Simão</b>
Purpose	H	
Start Date	2007	
Final Date	2008	
Height (m)	56	
Crest (m)	187	
CVC (m <sup>3</sup> )	23.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	92.000	
Cement Type	Port. Poz.	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	11	
		<b>Serra da Mesa</b>
Purpose	Cofferdam	
Start Date	1989	
Final Date	1989	
Height (m)	22	
Crest (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
RCC (m <sup>3</sup> )	28.600	
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	60	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	133 Slag	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		
		<b>Serra do Facão</b>
Purpose	H	
Start Date	2003	
Final Date	2005	
Height (m)	80	
Crest (m)	326	
CVC (m <sup>3</sup> )	80.000	
RCC (m <sup>3</sup> )	610.000	
Cement Type		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )		
Fines in Sand (<0,075mm) (%)		



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



91

A photograph of the Serra dos Cavalinhos II roller-compacted concrete dam. The dam is a long, low wall with a central spillway structure. The reservoir behind it is calm, reflecting the sky. The surrounding terrain is hilly and green.	Name <b>Serra dos Cavalinhos II</b> Purpose H Start Date 2012 Final Date 2012 Height (m) 35 Crest (m) 123 CVC (m <sup>3</sup> ) 47.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 33.000 Cement Type Port. Poz. Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 90 Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand 15 (<0,075mm) (%)
A photograph of the Serra Preta roller-compacted concrete dam. The dam has a stepped, zigzag profile, characteristic of RCC dams. It is set against a backdrop of lush green hills under a clear sky. A small road or walkway leads up the side of the dam.	Name <b>Serra Preta</b> Purpose WS Start Date 2005 Final Date 2007 Height (m) 35 Crest (m) 165 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Cement Type Port. Poz. Cement (kg/m <sup>3</sup> ) 100 Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand 13 (<0,075mm) (%)
A photograph of the Serro Azul roller-compacted concrete dam. This is a large, steeply inclined dam with a dark, textured surface. It is situated in a valley with other hills visible in the background. The dam appears to be under construction or recently completed.	Name <b>Serro Azul</b> Purpose WS Start Date 2013 Final Date 2014 Height (m) 73 Crest (m) 1.015 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Cement Type Cement (kg/m <sup>3</sup> ) Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand (<0,075mm) (%)
An aerial photograph of the Simplício roller-compacted concrete dam. The dam is a long, low wall with a central溢流堰 (overflow spillway). The reservoir is large and shows signs of water flow. The surrounding landscape includes roads and some vegetation.	Name <b>Simplício</b> Purpose H Start Date 2009 Final Date 2010 Height (m) 30 Crest (m) 260 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Cement Type Cement (kg/m <sup>3</sup> ) Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> ) Fines in Sand (<0,075mm) (%)

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



92

		Name	<b>Sinop</b>
Purpose	H		
Start Date	2014		
Final Date	UC		
Height (m)			
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand			
(<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Taquarembó</b>
Purpose	W		
Start Date	2010		
Final Date	2012		
Height (m)	33		
Crest (m)	330		
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )			
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand			
(<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Teles Pires</b>
Purpose	H		
Start Date	2012		
Final Date	2014		
Height (m)	67		
Crest (m)	360		
CVC (m <sup>3</sup> )	520.000		
RCC (m <sup>3</sup> )	500.000		
Cement Type	Port. Poz.		
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100		
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand	12		
(<0,075mm) (%)			
		Name	<b>Três Marias</b>
Purpose	H- Spillway		
Start Date	1996		
Final Date	1996		
Height (m)			
Crest (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
RCC (m <sup>3</sup> )	14.600		
Cement Type			
Cement (kg/m <sup>3</sup> )			
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )			
Fines in Sand			
(<0,075mm) (%)			

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



93

	Name	<b>Tucurui</b>
	Purpose	H
	Start Date	1998
	Final Date	2001 (I) 2005 (II)
	Height (m)	78
	Crest (m)	1541
	CVC (m <sup>3</sup> )	8.800.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	88.000
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	Natural
	Fines in Sand	8
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Umari</b>
	Purpose	FWIR
	Start Date	2001
	Final Date	2002
	Height (m)	42
	Crest (m)	2.308
	CVC (m <sup>3</sup> )	5.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	655.000
	Cement Type	OPC
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	70
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	18
	(<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Val de Serra</b>
	Purpose	W
	Start Date	1997
	Final Date	1998
	Height (m)	36,5
	Crest (m)	675
	CVC (m <sup>3</sup> )	26.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	69.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand	10 to 15
	(<0,075mm) (%)	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



94

	Name	<b>Poço do Magro</b>
	Purpose	W
	Start Date	2004
	Final Date	2005
	Height (m)	29
	Crest (m)	540
	CVC (m <sup>3</sup> )	10.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	54.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Gasparino</b>
	Purpose	WI
	Start Date	2009
	Final Date	2010
	Height (m)	28
	Crest (m)	1000
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	RCC (m <sup>3</sup> )	
	Cement Type	
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
	Name	<b>Santa Clara</b>
	Purpose	H
	Start Date	2009
	Final Date	2010
	Height (m)	60
	Crest (m)	354
	CVC (m <sup>3</sup> )	75.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	170.000
	Cement Type	Port.Slag
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	BFS
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8
	Name	<b>Garibaldi</b>
	Purpose	H
	Start Date	2012
	Final Date	2013
	Height (m)	40
	Crest (m)	490
	CVC (m <sup>3</sup> )	118.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	264.000
	Cement Type	Port. Poz.
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
	Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
	Fines in Sand (<0,075mm) (%)	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



95

		Name	Pelo Sinal
A photograph of the Pelo Sinal roller-compacted concrete (RCC) dam. The dam is a thick, light-colored wedge extending from a concrete base into a hillside. The surrounding area is green and appears to be a rural or semi-rural landscape.		Purpose	W
		Start Date	1992
		Final Date	1993
		Height (m)	34
		Crest (m)	296
		CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	69.000
		Cement Type	Port. Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	80
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
		Name	Barra Grande
An aerial photograph of the Barra Grande dam under construction. The dam is a long, low structure with a flat top and vertical supports. Construction equipment, including yellow dump trucks and workers, is visible on the site. The surrounding terrain is hilly and shows signs of active development.		Purpose	H- Spillway
		Start Date	2001
		Final Date	2001
		Height (m)	31
		Crest (m)	135
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	10.000
		Cement Type	Port. Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	110
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8
		Name	Porto Primavera
A photograph of the Porto Primavera dam, showing its stepped concrete face. The dam is built on a riverbank, and the water level behind it is visible. The surrounding area includes some vegetation and possibly a small town or industrial facility in the background.		Purpose	H- Slope
		Start Date	2001
		Final Date	2001
		Height (m)	31
		Crest (m)	135
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	21.000
		Cement Type	Port. Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	8
		Name	Corrente Grande
An aerial photograph of the Corrente Grande dam, showing a long, low dam structure curving along a river. The dam is surrounded by lush green vegetation and a winding road or path leads towards it. The water behind the dam is a vibrant blue-green color.		Purpose	H
		Start Date	2010
		Final Date	2010
		Height (m)	20
		Crest (m)	110
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
		Cement Type	Port. Poz.
		Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
		Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
		Fines in Sand (<0,075mm) (%)	11

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



96

Name	<b>Passo do Meio</b>
Purpose	H
Start Date	2008
Final Date	2009
Height (m)	35
Crest (m)	110
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	<b>Cristina</b>
Purpose	H
Start Date	2010
Final Date	2011
Height (m)	10
Crest (m)	57
CVC (m <sup>3</sup> )	8.000
RCC (m <sup>3</sup> )	9000
Cement Type	
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	
Name	<b>Mambaí II</b>
Purpose	H
Start Date	2007
Final Date	2007
Height (m)	12
Crest (m)	84
CVC (m <sup>3</sup> )	9.000
RCC (m <sup>3</sup> )	20.000
Cement Type	Port. Poz.
Cement (kg/m <sup>3</sup> )	100
Poz. Material (kg/m <sup>3</sup> )	
Fines in Sand (<0,075mm) (%)	10

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



97

## ***ANNEX II- BRAZILIAN COOPERATION ABROAD***

A contribution from the



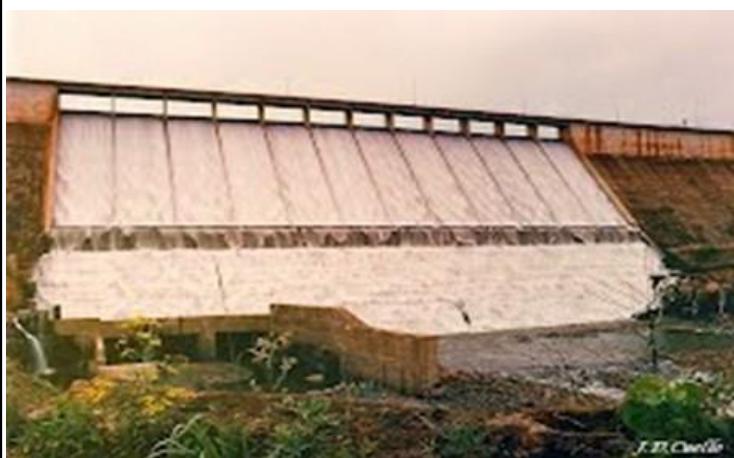
***Brazilian Committee on Dams***



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



98



<b>Brazilian Cooperation</b>	Name	<b>Urugua-i</b>
	Country	Argentina
	Purpose	H
	Start Date	1986
	Final Date	1989
	Height (m)	72
	Crest (m)	687
	CVC (m <sup>3</sup> )	40.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	590.000
	Design	
	Construction	
	Consultant	Andriolo, Francisco
	Laboratory	Itaipu



<b>Brazilian Cooperation</b>	Name	<b>Capanda</b>
	Country	Angola
	Purpose	H
	Start Date	1988
	Final Date	1994
	Height (m)	110
	Crest (m)	1.470
	CVC (m <sup>3</sup> )	450.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	760.000
	Design	
	Construction	Odebrecht
	Consultants	Andriolo, Francisco/ Pacelli Walton/ Holanda, Francisco
	Laboratory	Itaipu & Furnas



<b>Brazilian Cooperation</b>	Name	<b>Laúca</b>
	Country	Angola
	Purpose	H
	Start Date	2013
	Final Date	Under Const.
	Height (m)	135
	Crest (m)	1.100
	CVC (m <sup>3</sup> )	420.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	2.580.000
	Design	Intertechne
	Construction	Odebrecht
	Consultants	Andriolo, Francisco/ Pacelli Walton/ Holanda, Francisco
	Laboratory	Holanda

A contribution from the

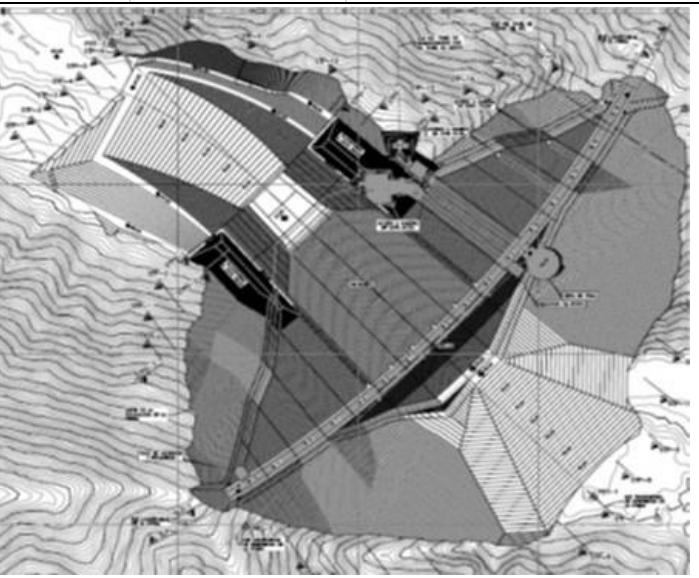
***Brazilian Committee on Dams***



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



99

	<b>Main Data</b>	Name	<b>El Guapo</b>
		Country	Venezuela
		Purpose	W
		Start Date	2006
		Final Date	2008
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Height (m)	50
		Crest (m)	150
		CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	330.000
		Design	
	<b>Main Data</b>	Construction	Camargo Correa
		Consultant	Andriolo, Francisco
		Laboratory	
		Name	<b>Tuy Cuira</b>
		Country	Venezuela
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Purpose	W
		Start Date	Under Const.
		Final Date	
		Height (m)	135
		Crest (m)	240
 	<b>Main Data</b>	CVC (m <sup>3</sup> )	140.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	905.000
		Design	
		Construction	Camargo Correa
		Consultant	Andriolo, Francisco; Braga José
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Laboratory	
		Name	<b>Miel I</b>
		Country	Colombia
		Purpose	H
		Start Date	1998

A contribution from the

***Brazilian Committee on Dams***



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



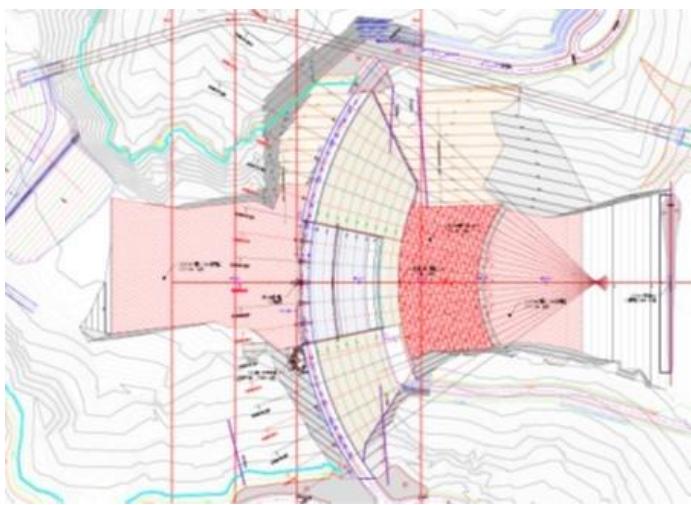
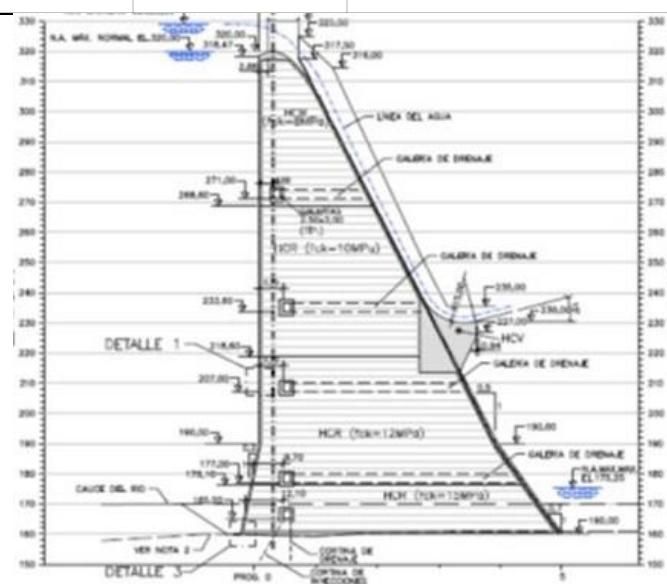
100

	<b>Main Data</b>	Name	<b>Remigio Rojas</b>
		Country	Panamá
		Purpose	W
		Start Date	
		Final Date	
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Height (m)	
		Crest (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
		Design	Intertechne
	<b>Main Data</b>	Construction	Odebrecht
		Consultant	
		Laboratory	
		Name	<b>General J. Mujica</b>
		Country	Mexico
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Purpose	I
		Start Date	2009
		Final Date	2010
		Height (m)	90
		Crest (m)	375
	<b>Main Data</b>	CVC (m <sup>3</sup> )	84.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	411.000
		Design	Intertechne
		Construction	Odebrecht
		Consultant	Andriolo, Francisco
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Laboratory	
		Name	<b>Pinalito</b>
		Country	Dominican Rep.
		Purpose	H
		Start Date	2006
	<b>Main Data</b>	Final Date	2007
		Height (m)	57
		Crest (m)	198
		CVC (m <sup>3</sup> )	90.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	110.000
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Design	PCE
		Construction	Odebrecht
		Consultant	Holanda, Francisco
		Laboratory	

A contribution from the

***Brazilian Committee on Dams***



	<b>Main Data</b>	Name <b>Janah</b> Country Lebanon Purpose H Start Date Under Constr. Final Date Height (m) 160 Crest (m) 348 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> )
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Design Construction Andrade Gutierrez Consultant Andriolo, Francisco Laboratory
	<b>Main Data</b>	Name <b>Changuinola II</b> Country Panama Purpose H Start Date Under Const. Final Date Height (m) 170 Crest (m) 450 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> )
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Design PCE Construction Odebrecht Consultant Andriolo, Francisco Laboratory
	<b>Main Data</b>	Name <b>Picachos</b> Country Mexico Purpose W Start Date 2007 Final Date 2009 Height (m) 80 Crest (m) 320 CVC (m <sup>3</sup> ) 129.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 377.000
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Design Intertechne Construction Andrade Gutierrez Consultant Pacelli, Walton Laboratory



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



102

	<b>Main Data</b>	Name	<b>Cerro del Aguila</b>
		Country	Peru
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Purpose	H
		Start Date	Under Constr.
	<b>Main Data</b>	Final Date	
		Height (m)	85
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Crest (m)	264
		CVC (m³)	
	<b>Main Data</b>	RCC (m³)	
		Design	
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Construction	
		Consultant	Andriolo, Francisco
	<b>Main Data</b>	Laboratory	
		Name	<b>Al Wehdah</b>
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Country	Jordan-Syria
		Purpose	WI
	<b>Main Data</b>	Start Date	2004
		Final Date	2006
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Height (m)	100
		Crest (m)	940
	<b>Main Data</b>	CVC (m³)	45.000
		RCC (m³)	1.360.000
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Design	
		Construction	
	<b>Main Data</b>	Consultant	Andriolo, Francisco
		Laboratory	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



103

 	<b>Main Data</b>	Name	<b>Cindere</b>
		Country	Turkey
	<b>Main Data</b>	Purpose	H
		Start Date	2003
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Final Date	2005
		Height (m)	108
	<b>Main Data</b>	Crest (m)	280
		CVC (m³)	180.000
	<b>Brazilian Cooperation</b>	RCC (m³)	1.500.000
		Design	
	<b>Main Data</b>	Construction	
		Consultant	Andriolo, Francisco
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Laboratory	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



104

	<b>Main Data</b>	Name	<b>Beyhan I</b>
		Country	Turkey
	<b>Main Data</b>	Purpose	H
		Start Date	2011
	<b>Main Data</b>	Final Date	Under Constr.
		Height (m)	97
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Crest (m)	365
		CVC (m³)	200.000
	<b>Brazilian Cooperation</b>	RCC (m³)	600.000
		Design	
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Construction	
		Consultant	Andriolo, Francisco
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Laboratory	

A contribution from the

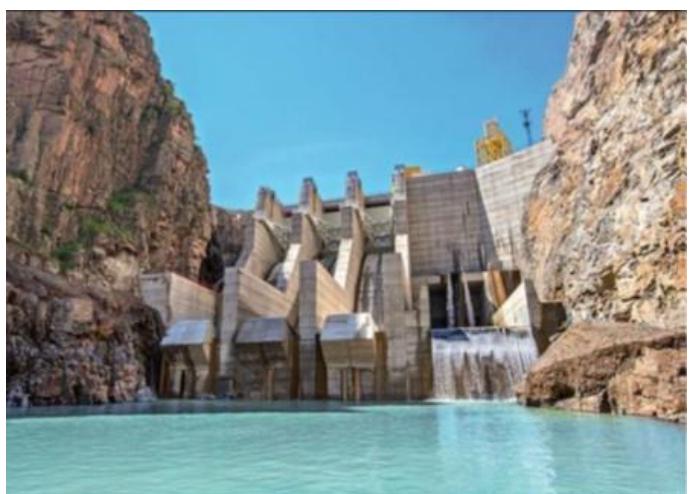
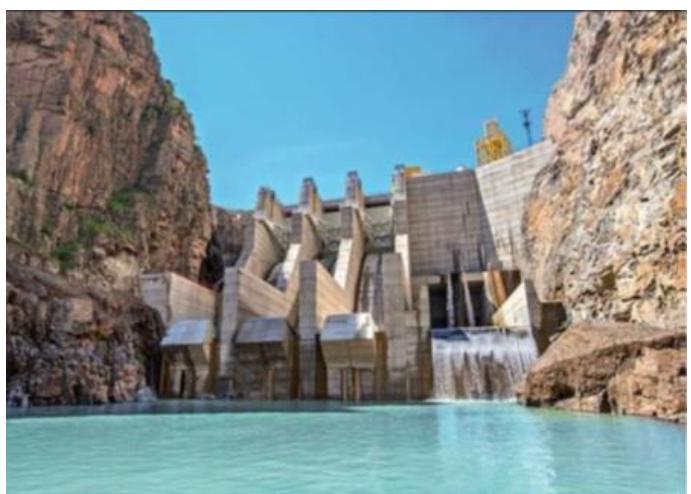
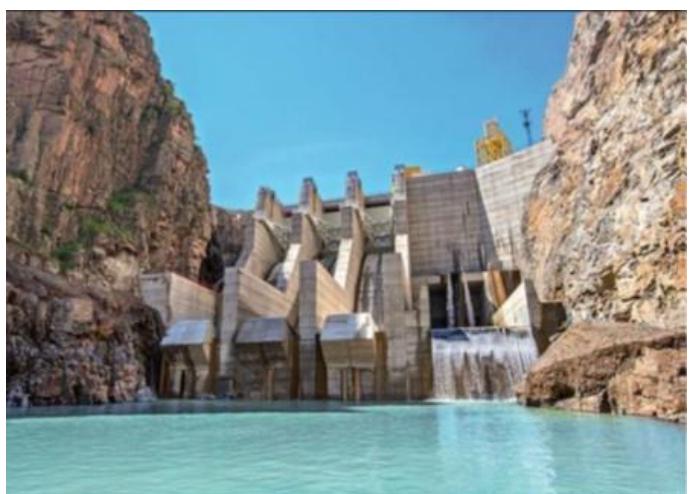
**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



105

	<b>Main Data</b>	Name	<b>Kalehan</b>
		Country	Turkey
	<b>Main Data</b>	Purpose	H
		Start Date	Under Constr.
	<b>Main Data</b>	Final Date	
		Height (m)	138
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Crest (m)	516
		CVC (m³)	700.000
	<b>Main Data</b>	RCC (m³)	2.480.00
		Design	
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Construction	
		Consultant	Andriolo, Francisco
	<b>Main Data</b>	Laboratory	
		Name	<b>Güllübag</b>
	<b>Main Data</b>	Country	Turkey
		Purpose	H
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Start Date	2009
		Final Date	2012
	<b>Main Data</b>	Height (m)	61
		Crest (m)	95
	<b>Brazilian Cooperation</b>	CVC (m³)	80.000
		RCC (m³)	100.000
	<b>Main Data</b>	Design	
		Construction	
	<b>Brazilian Cooperation</b>	Consultant	Andriolo, Francisco
		Laboratory	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



106



Main Data	Tannur
Name	Tannur
Country	Jordan
Purpose	WI
Start Date	1999
Final Date	2000
Height (m)	60
Crest (m)	245
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	250.000
Brazilian Cooperation	
Design	
Construction	
Consultant	Andriolo, Francisco
Laboratory	



Main Data	Muijb
Name	Muijb
Country	Jordan
Purpose	WI
Start Date	2001
Final Date	2002
Height (m)	61
Crest (m)	380
CVC (m <sup>3</sup> )	50.000
RCC (m <sup>3</sup> )	720.000
Brazilian Cooperation	
Design	
Construction	
Consultant	Andriolo, Francisco
Laboratory	



Main Data	Wala
Name	Wala
Country	Jordan
Purpose	WI
Start Date	1999
Final Date	2002
Height (m)	52
Crest (m)	300
CVC (m <sup>3</sup> )	
RCC (m <sup>3</sup> )	260.000
Brazilian Cooperation	
Design	
Construction	
Consultant	Andriolo, Francisco
Laboratory	

A contribution from the



**Brazilian Committee on Dams**



**7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



107

	<b>Main Data</b>	
	Name	<b>Ibin Hammad</b>
	Country	Jordan
	Purpose	WI
	Start Date	Under Constr.
	Final Date	
	Height (m)	55
	Crest (m)	160
	CVC (m <sup>3</sup> )	15.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	185.000
<b>Brazilian Cooperation</b>	Design	
	Construction	
	Consultant	Andriolo, Francisco
	Laboratory	
	<b>Main Data</b>	
	Name	<b>Damad</b>
	Country	Saudi Arabia
	Purpose	WI
	Start Date	2007
	Final Date	2010
	Height (m)	52
	Crest (m)	592
	CVC (m <sup>3</sup> )	15.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	305.000
<b>Brazilian Cooperation</b>	Design	
	Construction	
	Consultant	Andriolo, Francisco
	Laboratory	
	<b>Main Data</b>	
	Name	<b>Yabah</b>
	Country	Saudi Arabia
	Purpose	WI
	Start Date	Under Constr.
	Final Date	
	Height (m)	50
	Crest (m)	225
	CVC (m <sup>3</sup> )	64.000
	RCC (m <sup>3</sup> )	120.000
<b>Brazilian Cooperation</b>	Design	
	Construction	
	Consultant	Andriolo, Francisco
	Laboratory	

A contribution from the

**Brazilian Committee on Dams**



7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015



108



Main Data	Kahir
Name	Kahir
Country	Iran
Purpose	WI
Start Date	2011
Final Date	Under Constr.
Height (m)	56
Crest (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	45.000
RCC (m <sup>3</sup> )	460.000
Brazilian Cooperation	
Design	
Construction	
Consultant	Andriolo, Francisco
Laboratory	

A contribution from the



***Brazilian Committee on Dams***

## ASPECTOS SOBRE O USO DO CCR EM BARRAGENS BRASILEIRAS

**ANDRIOLI**, Francisco Rodrigues

*Andriolo Engenharia Ltda-*

[www.andriolo-eng.com](http://www.andriolo-eng.com) / [fandrio@andriolo-eng.com](mailto:fandrio@andriolo-eng.com)

### RESUMO

O uso do "**Concreto Compactado com Rolo**"- "CCR" - "**Rollcrete**" - "**Concreto Rolado**" em barragens brasileiras, não é mais uma novidade, pois começou a ser usado em 1976.

Na atualidade o desempenho dos Projetistas, Construtores, Laboratórios e Consultores Individuais no Brasil e no exterior são uma evidência do domínio da tecnologia e a expansão do uso da CCR. O intercâmbio de informações com entidades e empresas de outros Países permitem o autor a afirmar que o Brasil é um dos Países que levou a cabo um amplo programa de investigação detalhado das características do CCR. Além disso, a dimensão territorial brasileira e a diversidade, induziu a busca de soluções não convencionais e o desenvolvimento de alternativas, que estabeleceram procedimentos e rotinas buscando adaptar soluções para problemas e idiossincrasias regionais, sem a necessidade de impor soluções importadas inadequadas para as condições da região.

Este procedimento facilitou a elaboração de propostas de uso e a formulação de alternativas e estimulou profissionais e líderes em busca de novas soluções, tornando possível reduzir custos e melhorar o desempenho de novas obras. No decurso desse desenvolvimento do CCR no Brasil, e em outros Países, no entanto, alguns fatos levaram à necessidade de profissionais e empresas a prestar mais atenção na qualidade e na minimização de falhas e erros.

Este texto é um Resumo atualizado do livro "**RCC Brazilian Practices**" [01] (Andriolo, Francisco Rodrigues), publicado em 2002 e destina-se a transmitir dados relevantes sobre as práticas brasileiras do CCR, desenvolvidas entre 1976 e maio de 2015. De 1976 até agora, um amplo conjunto de ensaios e pesquisas sobre CCR foi desenvolvido por agências governamentais, laboratórios, projetistas e construtores no Brasil, explorando as tendências e distintas ideias. Simpósios e congressos foram realizados para discutir informações, resultados de ensaios e pontos de vista diferentes.

A atividade de construção de barragem com CCR começou, no Brasil, com a Barragem de Saco de Nova Olinda<sup>[01]</sup>, após o que algumas investigações a partir de aterros experimentais-preenchimento de fundações, possibilitou outros estudos. Um grande banco de dados de laboratório e aterros experimentais foi disponibilizado. Até maio de 2015, havia mais do que 145 barragens de CCR concluídas e em construção no Brasil, e algumas outras planejadas para o próximo ano. O teor de cimento, usado, em média é inferior a 90 (86) kg/m<sup>3</sup>. Com esse CCR "pobre" (baixo consumo de aglomerante) e cerca de 110 a 120 kg/m<sup>3</sup> de "pó de pedra" (agregado pulverizado), evidencia-se que **no Brasil usa-se um CCR pobre com elevado teor de finos!**

O desempenho das barragens Brasileiras com CCR é satisfatório. Apenas uma ocorrência relevante aconteceu, não devido ao CCR, mas devido a uma falha de fundação.

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

## 1- ASPECTOS HISTÓRICOS

### 1.1- Generalidades

O desenvolvimento da "**tecnologia Brasileira de concreto**" começou no primeiro trimestre do século passado e tem evoluído de forma constante desde então. Vários fatores podem explicar essa evolução: a abundância de matérias-primas, a estratégia governamental para desenvolver a indústria, as características climáticas e geográficas de um extenso País tropical e último, mas não menos importante, a capacitação de profissionais para a construção.

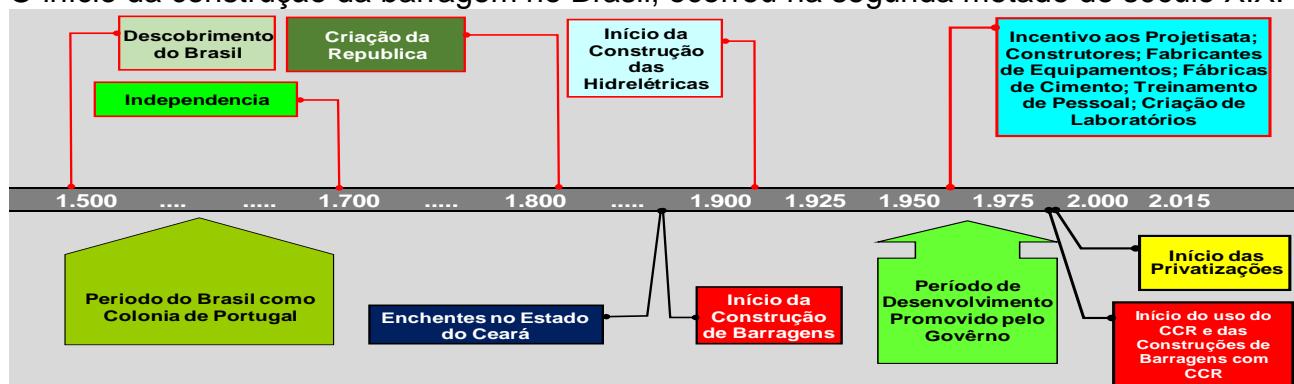
Exemplos interessantes de engenharia são fáceis de encontrar no País, especialmente para os engenheiros de barragem ("**barrageiros**"), todos eles como as provas dos principais desafios que tiveram de ser enfrentados para a utilização do concreto. Aqueles que visitam Brasília, a Capital do País, ficam encantados com os aspectos dos edifícios, inovadores, verdadeiras obras-primas do grande **Niemeyer**. Por outro lado, quem visita a Itaipu ou Tucuruí são certamente surpreendidos pelo desafio que foi a utilização de grandes quantidades de concreto, em condições muito específicas, para construir dois dos maiores projetos hidrelétricos mundiais.

Ultimamente, como a busca de soluções ainda mais econômicas e eficientes empurrar em direção um maior nível de criatividade e requinte em todos os domínios da atividade humana, o uso do CCR na construção da barragem no País não simplesmente seguiu a tendência como a mera síntese de experiências exógenas. Esta afirmação não é suficiente para explicar o desenvolvimento muito significativo das técnicas que são a experiência **brasileira em CCR**.

Este texto resume o trabalho de um grupo de profissionais brasileiros atuantes no ramo dessas construções reflete as lições que eles desenvolveram no Brasil e no exterior. O autor pretende reunir o melhor do conhecimento de muitos profissionais brasileiros envolvidos na construção de CCR. São particularmente interessantes informações sobre o uso do "pó de pedra", as instalações de laboratório e controle, procedimentos de ensaios e rotinas de controle de qualidade.

### 1.1- Período Inicial

O início da construção da barragem no Brasil, ocorreu na segunda metade do século XIX.





**Barragem de Cedros, construída no Estado do Ceará entre 1890- 1900**

A pesquisa da situação atual dos reservatórios com superfícies superiores a 20 hectares, e a informação das entidades nacionais e estaduais, compila um total de 13.529 barragens no País, assim distribuídas por uso:

<b>Múltiplos Usos</b>	11.748	87%
<b>Hidrelétricas</b>	1.261	9%
<b>Rejeitos de Mineração</b>	264	2%
<b>Rejeitos Industriais</b>	256	2%
<b>Total</b>	<b>13.259</b>	

Nas décadas de sessenta e setenta, um número impressionante de grandes hidrelétricas foi construído e entrou em operação, algumas entre as maiores do mundo na época.

## 1.2- Barragens Brasileiras de Concreto

Grandes barragens de concreto, principalmente para a produção de energia, foram construídas durante as décadas de 60 e 70 do século passado.



Hidrelétrica Henry Borden-1926

Hidrelétrica de Paulo Afonso I- 1955

Hidrelétrica de Funil-1969



Durante esse período, agências de governo implementaram um grande programa para capacitar pessoas para laboratório, projeto, construção, controle de qualidade, monitoramento de instrumentação e para aprender e desenvolver tecnologias de concreto e métodos de construção. Foram adotadas algumas metodologias para a execução da construção de concreto massa, tais como o uso do método de camada estendida - usando caminhões basculantes “fora de estrada” em conjunto com tratores de lâmina frontal (“bulldozers”) e cabo aéreo associado a tratores “bulldozers” e a colocação do concreto em rampas.



**Concreto Massa Convencional Vibrado (CVC Massa)** lançado diretamente por caminhão basculante fora de estrada, espalhado por “bulldozer” e vibrado com vibradores de imersão em 1977-Itaipu

**CVC Massa** lançado com caçambas por cabo aéreo espalhado por “bulldozer”, e vibrado por 4 vibradores de imersão, acoplados à lança de retro escavadora - 1977-Itaipu

**CVC Massa** lançado, para enchimento de uma grande área, diretamente por caminhão basculante fora de estrada, espalhado por “bulldozer” e vibrado por 4 vibradores de imersão, acoplados à lança de retro escavadora - 1978-Itaipu

Utilizou-se o método de camada inclinada (“Rampada”) para lançar o concreto massa desde ano 1977 para garantir a colocação de concreto dentro do Tempo de Pega, devido as grandes colocações, mesmo usando concreto pré-refrigerado.



**Método de camada em rampa na colocação de CVC Massa durante a construção em Itaipu-1977**

**Método “Rampado” usado na construção de Tucuruí em CVC Massa -1981**

CVC massa com agregado tamanho máximo ( $D_{max}$ )= 152mm foi manuseado em 1972, através de chute metálico vertical, na construção da Barragem da Hidrelétrica de Ilha Solteira e depois durante os anos 80, no projeto de Itaipu. O chute aberto inclinado também tem sido usado desde a década de 70 para as concretagens das lajes da face das barragens de enrocamento (“CFRD”), conforme mostrado abaixo.



**Chute vertical rígido em Ilha Solteira**

**Chute vertical flexível em Itaipu**

**Chute “Canaleta” flexível em todas as CFRD Brasileiras, até 2015**

No Brasil, a adoção da metodologia CCR não se baseou apenas na redução do consumo de cimento. Desde a década de 60, zoneamento de classes de concreto tornou-se muito popular para o CVC (CVC- concreto massa convencional vibrado), bem como controle da resistência na idade de um ano, ou pelo menos 180 dias. Estes conceitos foram pretendidos como forma de utilizar o potencial do material. Na verdade, a vasta extensão territorial do Brasil, obrigou a otimização de materiais encontrados próximos à obra e minimizar as chances de rejeitá-los à chegada desses materiais na obra. Por conta disso, uma série de procedimentos de controle evoluíram e foram adotadas nas barragens de concreto do País, como Ilha Solteira, Itaipu, Tucuruí e outras.

Devido a isto, na década de 70 anos, o Brasil foi, praticamente, o primeiro País a especificar resistências à compressão a 180 dias e um ano de idade, otimizando o teor de aglomerante para cerca de 80-85 kg/m<sup>3</sup>, para o CVC Massa (concreto massa convencional) em muitas barragens brasileiras. Outra consequência da vastidão do País foi a instalação de laboratórios em determinados locais estratégicos com o objetivo de compreensão e de pré-seleção de materiais, técnicas e tecnologias, bem como apoio de treinamento e controle de qualidade das obras. Os seguintes eventos importantes exemplificam essas ações:

Hidrelétrica-CVC Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )	Período	Informação Relevante
Ilha Solteira-3,680,000	1969-1973	Uso do CVC Mass com 84kg/m <sup>3</sup> de aglomerante (61 de cimento + 23 de Pozolana de Argila Calcinada). Concretos controlados a 180 dias.
Itumbiara-2,080,000m <sup>3</sup>	1975-1980	Zoneamento das Classes de concreto, com idades de controle de 90 e 180 dias.
Itaipu-13,000,000	1977-1982	Zoneamento das Classes de concreto, com idades de controle de 180 e 365 dias. 90 kg/m <sup>3</sup> de teor de aglomerante. Produções acima de 750m <sup>3</sup> /h
Tucuruí-6,000,000	1978-1984	Zoneamento das Classes de concreto, com idade de controle de 180 dias. Consumos de aglomerante de até 95 kg/m <sup>3</sup> . Produção superiores a 500m <sup>3</sup> /h

As construções dessas obras podem ser consideradas marcos relevantes no desenvolvimento de sistemas de controle de qualidade do CVC Massa. A colocação de concretos com as velocidades atingidas em Itaipu, às vezes, superiores a 750m<sup>3</sup>/h, só foi possível graças ao plano de construção e controle adotados.



Dessa maneira, ao se observar o conjunto bibliográfico, nota-se grande referência à vantagem de reduzir o teor de cimento, ao ajuste do controle de idades para datas maiores como 180 ou 360 dias, e também, a maior velocidade de construção, considerando a dimensão da obra, em não a uma determinada metodologia ou rotina de controle.

O Brasil, atualmente, é o segundo País construtor de barragens de CCR e entre os seis Países principais de construção civil do mundo. O Brasil implementou métodos de construção e estabeleceu particularidades com base nos potenciais diversificados do seu território e na característica de desafios de sua vastidão territorial, bem como nas adversidades econômicas, taxa de desenvolvimento técnico e capacidade profissional da mão de obra disponível.

É claro, então, que ***não há nenhuma necessidade de estabelecer “recordes”***.

Por outro lado, construção de CCR no Brasil baseia-se na **simplicidade** e não na hipótese de possibilidade de desprezar determinados procedimentos.

### 1.3- As Barragens de CCR

Vários estudos foram feitos no Brasil, em distintos laboratórios desde os anos 70, mostrando as propriedades do CCR e sua potencialidade, apesar da primeira construída com metodologia CCR tenha ocorrido apenas durante os anos 80. Entretanto, foi durante a década de 90, principalmente pela adoção da tecnologia CCR nos Projetos de Jordão e Salto Caxias que essa técnica atingiu seu pleno desenvolvimento.

O sistema de licitação adotado pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia, uma agência de energia do Estado do Paraná), para a barragem da Derivação do Rio Jordão, permitiu o contratante licitar uma de duas alternativas, uma considerando a Barragem em Enrocamento com Face de Concreto (CFRD) ou uma barragem de CCR. Este procedimento possibilitou, em termos de tempo e custos, as reais vantagens da metodologia do CCR<sup>[23; 24; 25]</sup>

Na atualidade (2015) as barragens de CCR estão sendo discutidas, projetadas e construídas em cerca de 65 das nações desenvolvidas e em desenvolvimento do mundo, e

é evidente que as condições e dimensões do território Brasileiro vão desafiar os engenheiros a adotar esta metodologia em um grande número de novos projetos.

O interesse por esse tipo de barragem tem aumentado por várias razões, o mais proeminente sendo economia e velocidade de construção. Em muitas nações, os custos de construção de barragens de CVC aumentaram significativamente mais rápido do que os custos semelhantes para barragens de aterro. Isto, juntamente com o fato de o concreto ser um bom material de construção, resistente, durável, estimula os projetistas a procurar novas maneiras de usar o concreto na construção da barragem, como as de emprego da metodologia CCR

O entendimento do CCR, nestes anos, que evoluiu na composição granulométrica, o melhor uso dos finos sob um conceito de "engenharia"- que deve ser entendido em termos de qualidade, segurança e economia - traz a tecnologia CCR para sua simplicidade na maneira de usar o material disponível no local do empreendimento para ser dosado, misturado e transportando com equipamento adequado e espalhado permitindo que a construção seja feita rapidamente.

- ***É uma técnica de construção com base em torná-lo simples, e não executar incorretamente!***

É muito importante considerar que, especialmente, no Brasil, a prática de construção de barragem, estabelecida principalmente nas décadas de 70 e 80, melhorou a utilização de baixo teor de cimento para barragens de concreto gravidade.

### 1.3.1- As Aplicações Iniciais

No Brasil, a primeira aplicação dessa nova técnica foi na construção, em 1976<sup>[02]</sup> de um piso de concreto de um almoxarifado, nas instalações do construtor, no canteiro de obras da obra de Itaipu.



Piso do Almoxarifado do Construtor- Itaipu-1976

Primeiro Aterro Experimental - Itaipu - 1977

Enchimento de Rampa de Acesso -Itaipu- 1978

Aplicações Iniciais do CCR no Brasil- Itaipu

Por muitos anos, o conhecido "**concreto rolado**" ou "**rollcrete**" foi usado como sub-base de estradas e pavimentos de aeródromo, onde geralmente foi chamado como "concreto magro" ou "concreto magro seco". Principalmente, foi usado como uma base de 150 a 250 mm de espessura sob o revestimento betuminoso.

Durante a construção de Itaipu o uso do método de camada estendida, com CVC Massa sendo lançado diretamente pelo basculamento dos caminhões fora de estrada, e o

lançamento do CVC massa com caçambas nos cabos aéreos e o espalhamento através de “bulldozers”, ajudou a entender a simplicidade do CCR. A popularidade do CCR deve ser atribuída a um número de fatores, principalmente ao fato de que é um material simples para ser produzido e colocado, não requerendo instalações de construção ou equipamentos especiais.

Em Itaipu foram colocados 22.000 m<sup>3</sup> de CCR, com um pico de produção de 3.054 m<sup>3</sup>/dia, em 1978, para encher uma rampa de acesso à fundação da Estrutura de Desvio<sup>[02]</sup>. Este concreto, com um teor de 91kg/m<sup>3</sup> de cimento e 26 kg/m<sup>3</sup> de cinzas volantes foi planejado para ser removido posteriormente, de acordo com a cronologia de construção, quando da construção das Casas de Força, no Canal de Desvio. No entanto, dez anos mais tarde, quando nessa segunda fase de construção, testemunhos extraídos, indicaram que o CCR tinha uma resistência a compressão de quase 21 MPa, tinha uma condição muito boa e poderia permanecer lá, formando assim uma pequena parte da maior hidrelétrica do mundo.



Enchimento da rampa de acesso e testemunho extraído desse CCR

Entre 1977 - 78 CEMIG, Companhia de Energia do Estado de Minas Gerais, possibilitou a aplicação na barragem da Hidrelétrica de São Simão cerca de 40.000 m<sup>3</sup> de CCR em camadas de 0,5 metro de altura para:

- Construir uma base de concreto 11.800 m<sup>3</sup>;
- Regularizar e preencher um túnel de acesso 2.000 m<sup>3</sup>;
- Fechar as adufas de desvio 20.300 m<sup>3</sup>, e;
- Construir um muro de concreto gravidade 4.300 m<sup>3</sup>.



Hidrelétrica de São Simão - 1978

Hidrelétrica de Três Marias - 1982

O CCR também foi usado no empreendimento da Hidrelétrica de Três Marias, quando o perfil de vertedouro teve que ser ajustado. Utilizou-se cerca de 14.600m<sup>3</sup> de CCR, aplicados em uma área de 8.500m<sup>2</sup>, em camadas de 0,25 m de altura.

Em 1982 cerca de 12.000 m<sup>3</sup>, de CCR “pobre foram colocados em camadas de 0,25 m altura, no muro guia da Eclusa de Tucuruí. A dosagem do CCR usado possuía 65kg/m<sup>3</sup> de cimento e 38kg/m<sup>3</sup> de pozolana (argila calcinada e moída). Núcleos extraídos mostraram resistência à compressão de cerca de 10 MPa aos 90 dias de idade.



Colocação do CCR em um bloco da Eclusa de Navegação da Barragem de Tucuruí- 1982

Naqueles dias, de início dos estudos CCR no Brasil, realizaram-se alguns aterros experimentais com volume de cerca de 250 m<sup>3</sup> em Itaipu, e outro de 450 m<sup>3</sup> em Tucuruí, entre muitos outros. Foram verificados os aspectos da metodologia de construção, equipamentos de construção, dosagens das misturas, determinação das principais características do concreto tais como: resistência à compressão e tração, propriedades térmicas (coeficiente de expansão térmica, calor específico, difusividade, aumento da temperatura adiabática) módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, permeabilidade e densidade.

### 1.3.2- Os Primeiros Projetos de CCR

Ao início dos anos 80 as empresas brasileiras de projeto e consultoria começaram a considerar o CCR como uma boa alternativa para a construção da barragem. A maioria dos estudos de viabilidade começou a comparar a solução CCR, inicialmente com o tradicional concreto massa e posteriormente com barragens de terra, e rocha. Naquela época, vários grandes projetos hidrelétricos estavam sendo estudados. A solução CCR foi estudada em detalhes, mas não foi escolhida como a melhor alternativa pois:

- O verdadeiro custo do CCR ainda era incerto no Brasil, e houve uma tendência de insuflar os preços finais para superar fatores desconhecidos;
- Alguns engenheiros estavam em dúvida sobre a viabilidade técnica de construção de barragens altas e não se desejou apostar em novas tecnologias.

No entanto, as principais contribuições para o grande desenvolvimento da CCR, foram a construção do Saco da Nova barragem de Olinda, no estado da Paraíba e a construção da barragem de Urugua-i na vizinha Argentina<sup>[06]</sup>.



Saco de Nova Olinda durante a construção- 1986

Saco de Nova Olinda foi construída em 1986, principalmente para fins de irrigação, com 56m de altura e seus 138.000 m<sup>3</sup> de CCR foram colocados em apenas 110 dias, com uma taxa de produção máxima de 2.500 m<sup>3</sup>/dia. A metodologia de construção usada foi amplamente divulgada e vários artigos sobre a barragem foram publicados no País e no exterior. A facilidade do método e o seu potencial foram evidenciados na barragem do Saco onde “pug mills” foram usados para a produção e caminhões de pequeno porte (4 a 6 m<sup>3</sup> de capacidade) foram usados para o transporte do CCR, foram utilizadas formas muito simples para a face de montante e tentou-se não utilizar formas a jusante, e isso atingiu os céticos que ainda não tinham certeza sobre a viabilidade do CCR. O custo de cerca de US\$ 40/m<sup>3</sup> foi outra, importante, testemunha a favor da técnica<sup>[09]</sup>.

A dosagem de CCR dessa primeira barragem de concreto compactado com rolo Brasileira foi de 70 kg/m<sup>3</sup> de Cimento Portland Pozolânico.

### 1.3.3- Projetos nos Anos 90

Na primeira metade da década de 90, **oito** barragens, Caraíbas, Gameleira, Acauã, Cova da Mandioca, Várzea Grande, Juba I e Juba II foram projetadas usando o método do CCR e outras **onze** foram construídas: Jordão, Salto Caxias, Canoas, Traíras, Pelo Sinal, Jucazinho, Estreito, Belo Jardim, Rio fazer Peixe Guilmam Amorim, Ponto Novo, Rosal, Castanhão, Bertarelo, Val de Serra.

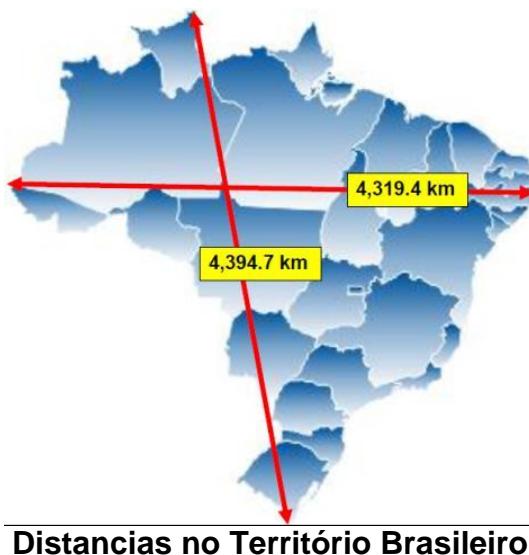
## 2- ASPECTOS DO PAÍS

### 2.1- Topografia e Rios

A imensidão do território brasileiro induz uma diversidade de soluções para vários problemas técnicos-econômicos-sociais, evidenciado praticamente pelos fatos de que soluções adotadas na região Sul não são totalmente compatíveis com as adotadas nas regiões do Nordeste ou do Norte e outros na região costeira, não cabem para o centro-oeste brasileiro.

A topografia do Brasil é de altitudes modestas. Cerca de 40% de seu território se mostra abaixo de 200 m de altitude, 45% entre 200 e 600 m e 12%, entre 600 e 900 m. O Brasil não apresenta grandes formações montanhosas. O Brasil é um território de forma quase triangular, com maior parte no hemisfério sul, de 4° a 33° de latitude sul, e de 40° a 75° oeste, compreendendo  $8,5 \times 10^6$  km<sup>2</sup>.

Esse aspecto, que de uma forma é bastante favorável para a agricultura (pois permite uma mecanização mais intensa) e para a construção de estradas (menos obras de arte-pontes e viadutos e túneis), não é tão bom para o potencial hidrelétrico, que significa energia cinética ou potencial da água dos rios e lagos que se concentra em usinas hidrelétricas e é transformada em energia mecânica e finalmente em energia eléctrica. Faz fronteira com todos os Países sul-americanos, exceto Equador e Chile, com um litoral Atlântico com mais de 8.500 km, O País hospeda a quinta maior população do mundo. A maioria dos seus quase 200 milhões de habitantes vive na região sudeste, onde se situam as maiores cidades.



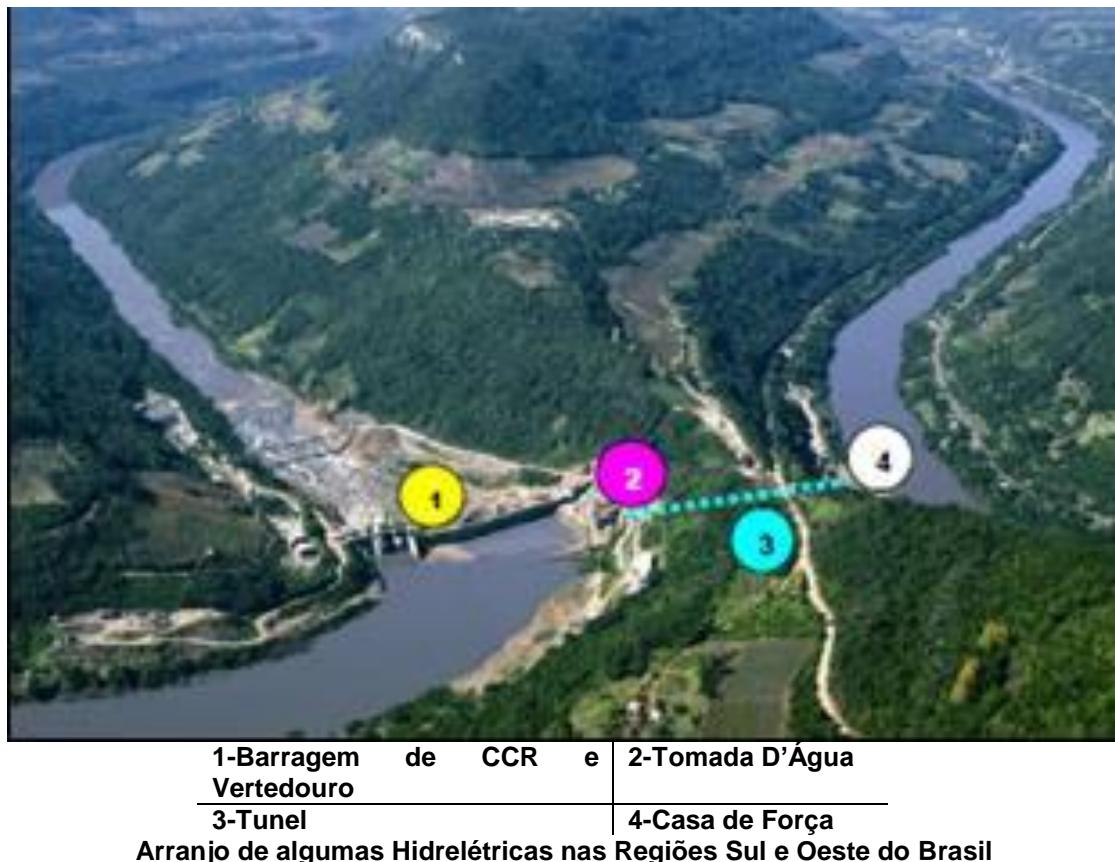
Como o País é tão grande, existem diferentes aspectos naturais como, por exemplo, a quantidade e a frequência da precipitação, recursos hídricos, clima, geologia, topografia e vegetação.

O cenário varia, como planícies alagadas da Amazônia Equatorial e o Pantanal, do Planalto Central, da cordilheira montanhosa perto da costa no Sudeste para as planícies

12

do Sul e Centro-Oeste, variando de zonas úmidas para vastas semiáridas no interior do Nordeste.

Nas regiões oeste e sul do Brasil, no entanto, existem vários rios com um curso sinuoso que permite que se construa uma barragem de pequena altura, levando o fluxo para a região de jusante através de um canal ou túnel, tornando possível gerar uma quantidade razoável de energia.



## 2.2- Disponibilidade de Materiais

### 2.2.1- Cimentos

O mercado de cimento no Brasil é composto de 15 grupos de cimenteiros, com 93 plantas espalhados em quase todas as regiões brasileiras, com mais 5 em construção (em 2013/2014). A capacidade instalada no País é superior a 80 milhões de toneladas/ano.

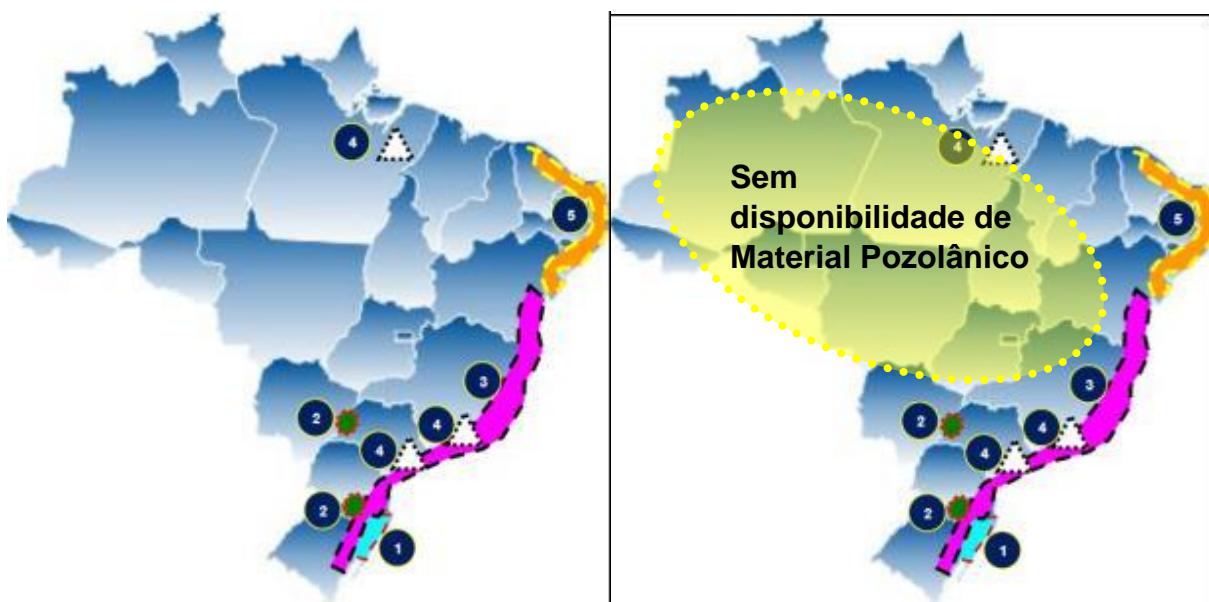
O raio de distribuição do produto atinge, em média, 300 a 500 quilômetros no Sudeste e Sul do País e pode exceder 1000 quilômetros, nas regiões Norte e Nordeste. Isso resulta em um relevante componente no custo do transporte, e do cimento a ser utilizado nas obras.

Esse aspecto foi importante para o desenvolvimento dos estudos das propriedades de concretos, a idades superiores a 28 dias, como mencionado anteriormente.



## 2.2.2- Materiais Pozolânicos

A pozolana natural mais importante é a cinza vulcânica, que não é encontrada no Brasil. Existem, entretanto, outros materiais pozolânicos no Brasil, principalmente nas áreas indicadas abaixo.



1-Carvão e Usinas Termelétricas- Cinza Volante

2-Argilas Caoliníticas Clay- Pozolana de Argila Calcinada

3- Siderurgias- Escória de Alto Forno

4-Produtores de Sílica Ativa

5-Terras Diatomáceas- Diatomito

Pode se notar, contudo, que na maior parte do território brasileiro, não há ocorrência de materiais pozolânicos tradicionais. A vastidão do território, por outro lado, dispõe de rochas com características mineralógicas que podem apresentar propriedades potenciais pozolânicas<sup>[43 e 44]</sup>.

No Nordeste do Brasil, zeólitos sedimentares ocorrem associados com arenitos da formação Corda (Bacia Paleozóica do Parnaíba). Estes arenitos são compostos de quartzo, zeólitos naturais (estilbite) e minerais argilosos (esmécítico). Estudos preliminares têm mostrado que este arenito pode ser usado como um material pozolânico em conjunto com cimento Portland após o material ser peneirado e após ativação térmica, pois o estilbite tem baixa atividade pozolânica<sup>[43]</sup>. No Oeste do estado de São Paulo e Norte do Paraná, região do vale do Rio Paranapanema, ocorrem rochas ácidas, da formação Serra Geral, com possibilidades de atividades pozolânicas<sup>[44]</sup>.

Essas avaliações atestam a validade da utilização de “**Pó de certas Pedras**”, desde os anos 1980, no Brasil. Inicialmente verificado nos basaltos do vale do Paraná e alguns meta-arenitos<sup>[12; 16; 21; 22; 35; 45]</sup>.

### 3- LABORATORIOS E CONHECIMENTO DO CONCEITO DO CCR

#### 3.1- Laboratórios e Ensaios

Os estudos de CCR, no Brasil, foram realizados principalmente pelos laboratórios do setor hidrelétrico Brasileiro (**ITALIAPU-{1}**, **COPEL-{2}**, **CESP-{3}**, **CEMIG-{4}**, **FURNAS-{5}**, **CHESF-{6}**, **ELETRONORTE-{7}**), abaixo), sendo que o laboratório de Itaipu, praticamente, começou os estudos técnicos para o conhecimento sobre as várias propriedades, tendo efetuado os estudos iniciais de materiais e CCR para a barragem de Urugua-i (Argentina) e para o empreendimento de Capanda (Angola). Em seguida FURNAS, cujo laboratório tem prestado importante contribuição, juntou-se aos estudos e controles de Capanda e, realizou estudos e ensaios para o empreendimento Miel I, na Colômbia.



Localização dos Laboratórios do Setor Hidrelétrico Brasileiro

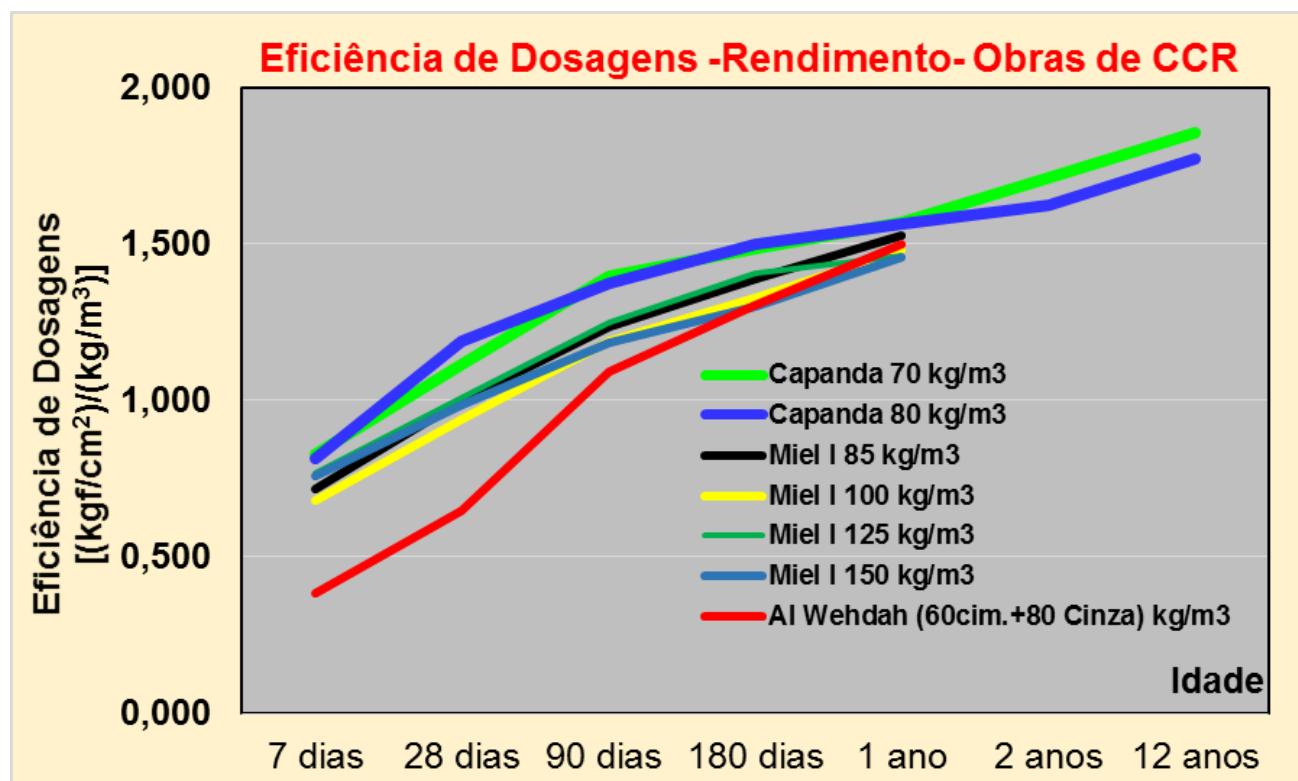
#### 3.2- Pesquisas

##### 3.2.1- Material- “Pó de Pedra”

É de notar que para o empreendimento de Urugua-i, a contribuição Brasileira foi relevante para o desenvolvimento do CCR no Brasil e no mundo, pelo estudo e utilização do novo conceito do “**Pó de Pedra**” para “fechar” os vazios da composição granulométrica das misturas de CCR e a viabilização do uso de um “rejeito (by product)” decorrente da britagem, com algumas parciais atividades pozolânicas<sup>[12;16;21; 22; 35]</sup>. Este desenvolvimento técnico e a vantagem econômica tinham já sido investigados entre 1978 e 1982 no laboratório de concreto da Itaipu, para o CVC massa<sup>[12]</sup>.

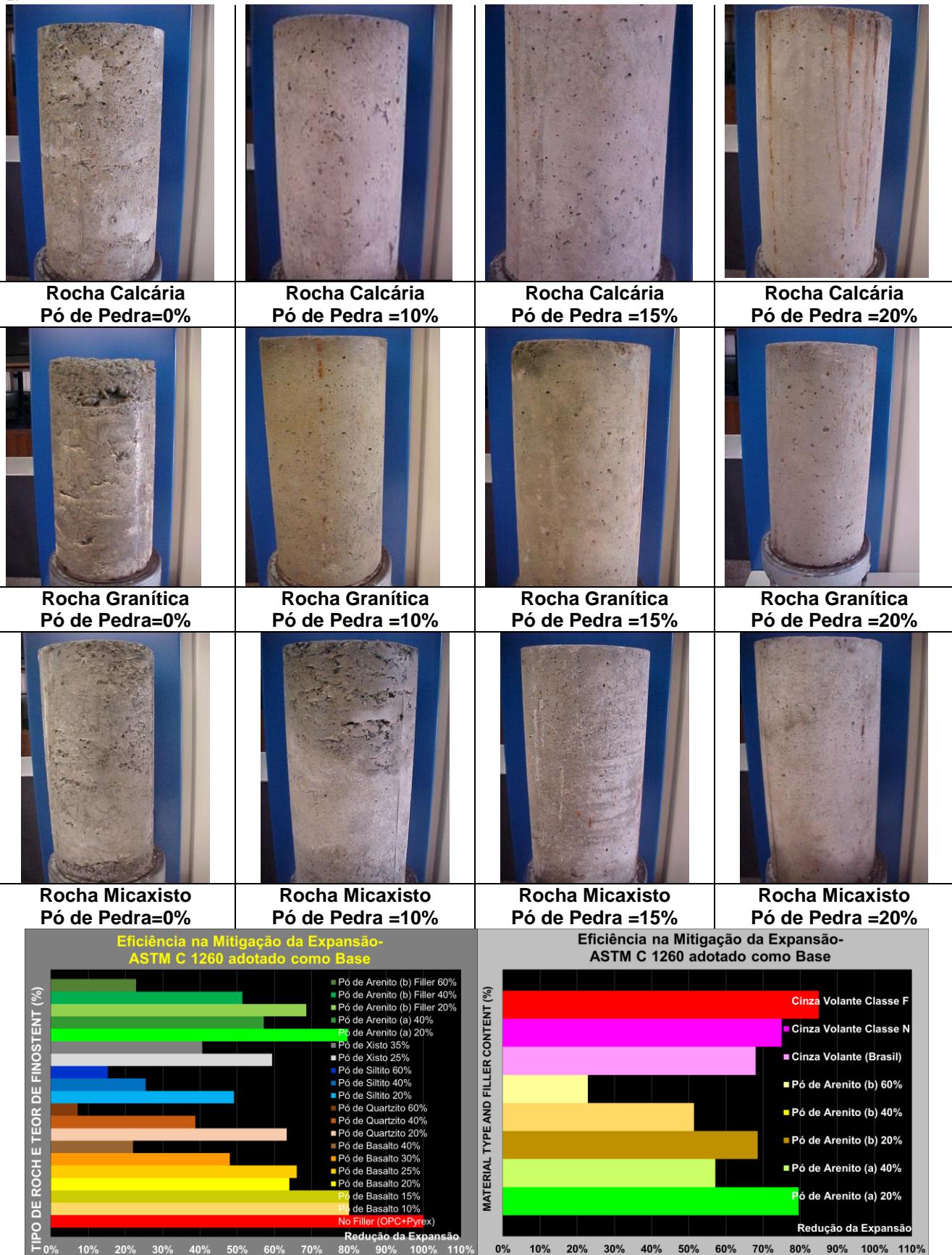
Durante os estudos para a construção do empreendimento Capanda, em Angola, as reuniões com o engenheiro **Dr. Albert Ossipov** (do **Scientific Research Centre Hydroproject Institute of Moscow**), permitiram ampliar os estudos<sup>[12]</sup> para caracterizar a atividade do “**pó de pedra**”, na fixação de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), liberado durante a hidratação do cimento. Esta reação é semelhante a uma atividade com cimento e com Cal, geralmente observado na caracterização de materiais pozolânicos. Estes estudos permitiram o desenvolvimento da metodologia de fixação  $\text{Ca(OH)}_2$  em areias nos laboratórios Brasileiros<sup>[12; 16; 21; 22; 35]</sup>.

O uso do “**pó de pedra**”, a partir de rochas com níveis de sílica, ferro e alumínio, e com características mineralógicas apropriadas, provou o mérito técnico e econômico do processo pelo CCR de Capanda, com  $70\text{kg/m}^3$  de cimento tipo OPC (Cimento Portland Comum), com a evidência de resistência crescente acima de 10 anos de idade<sup>[45]</sup>, (ver figura abaixo). É claro que sem a “ação pozolânica” do “**pó de pedra**” do Meta-arenito, esses benefícios não ocorreriam.



CCR de Capanda com  $70\text{ kg/m}^3$  e  $80\text{ kg/m}^3$  de cimento tipo OPC (*Ordinary Portland Cement*) e “Pó de Pedra” do Meta-arenito, evidenciando crescimento das “Eficiências de Dosagem” acima de 28 dias de idade (até 12 anos) semelhante a outras dosagens de CCR mais “ricas” (maiores teores de aglomerante (cimento + material pozolânico))

O “**pó de pedra**” tem sido utilizado em concretos, mais especificamente no CCR. O pulverizado de rocha agregado inferior a 0,075mm (passante pela peneira 200), normalmente é usado misturado com areia artificial, que significa o conteúdo de finos após a britagem. A trabalhabilidade é melhorada e permeabilidade é reduzida, pelo preenchimento dos vazios. Outra vantagem de usar o agregado pulverizado é a possível redução da expansão álcali-agregado (RAA) do concreto.

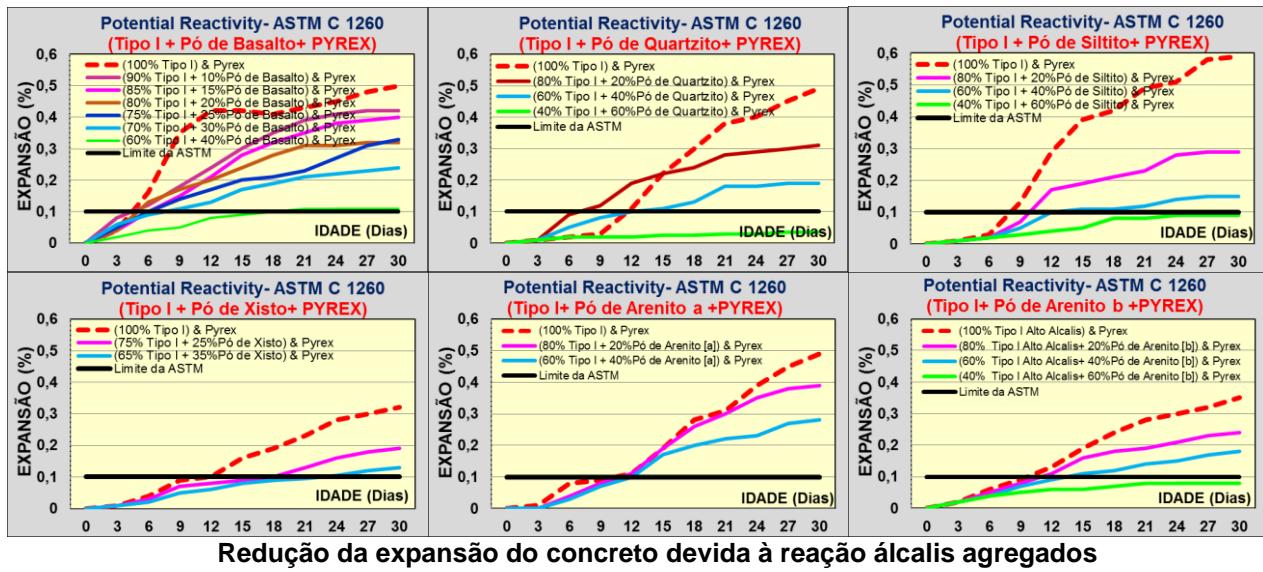


O agregado pulverizado, como um subproduto dos sistemas de britagem mostram uma “Atividade Pozolânica Parcial com o Cimento” em termos de resistência

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens



Foram feitas avaliação da atividade pozolânica e eficiência na mitigação contra a RAA. Os resultados mostraram que a atividade pozolânica com cimento varia em função da relação do teor de reposição adotada, mas há outros fatores que influenciam na atividade de agregado pulverizado, entre os quais a velocidade de reação, a idade e a finura. O teor médio de pó de pedra, no agregado miúdo fino (areia), usado em barragens brasileiras é de cerca de 12% que significa cerca de 110 a 120 kg/m<sup>3</sup>, no metro cúbico de CCR.

- **Resumindo: CCR “pobre” com elevado teor de finos!**

O uso do “**pó de pedra**” passou a ser uma boa alternativa em substituir o material pozolânico convencional, especialmente quando não se dispõe deste último. A simples substituição do cimento por agregado pulverizado diminui a concentração de ácalis liberado durante a hidratação do cimento. Além disso, um mecanismo químico ocorre com a reação entre os ácalis disponíveis na solução e as partículas finas do agregado, em espaços não-confinado, levando a uma redução da concentração de ácalis junto a superfície do agregado. Durante isso, o “**pó de pedra**”, juntamente com os outros produtos das reações preenchem os poros, promovendo uma densificação do conjunto, dificultando as migrações alcalinas.

### 3.2.2- Propriedades do CCR

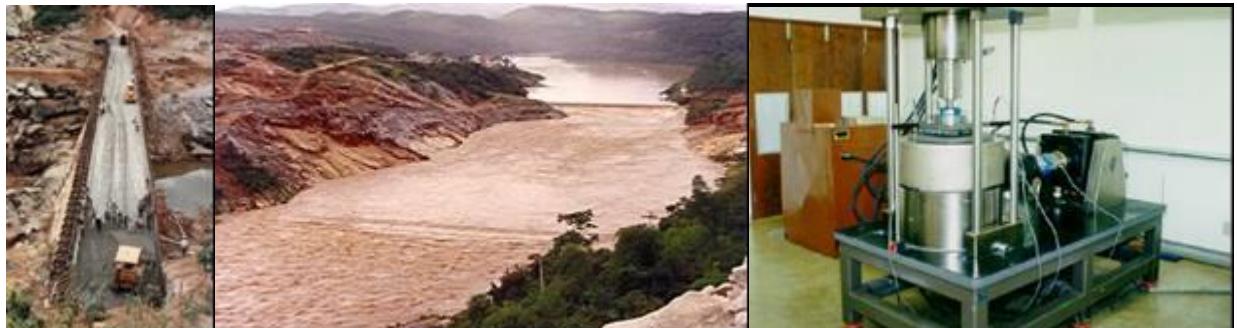
Os laboratórios do setor hidrelétrico tiveram ampla oportunidade para pesquisar e desenvolver no conhecimento das propriedades de CCR, além de outros tipos de concretos.



**ITAIPU-** Aterro experimental e ensaios de laboratório (Evolução Adiabática de Temperatura; Fluência e Capacidade de Alongamento) para as barragens de Urugua-i (Argentina) e Capanda (Angola)



**ELETRONORTE-** Aterro experimental e ensaios de laboratório para o Projeto Tucuruí.



**FURNAS-** Enseadeiras de CCR como um Aterro Experimental (sobre passada várias vezes) e ensaios de laboratório para vários Projetos

As enseadeiras foram sobrepassadas com fluxos de:

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

20

<b>Período Chuvoso (Grandes Vazões)</b>	<b>Máximas vazões do rio (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Máximas Vazões Sobrepassadas (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Máximas Alturas sobre a Enseadeira (m)</b>
1989-1990	9171	6671	12
1990-1991	3403	853	7
1991-1992	6701	4151	11
1992-1993	3907	1220	8
1993-1994	4601	1850	9

As estruturas se comportaram de acordo com o que era esperado no projeto e mostraram uma notável resistência contra a erosão.



**CHESF- Proteção do Enrocamento, com CCR, para sobre passagem na barragem de Xingó (tipo CFRD)**



**CESP- Trincheiras experimentais de CCR e ensaios de laboratório (cisalhamento) e para uso do CCR como proteção de taludes na barragem de Porto Primavera.**



**COPEL- Aterro experimental preliminar, na barragem de Segredo, anterior a construção da barragem da derivação do Rio Jordao em CCR e ensaios de cisalhamento para a barragem de Salto Caxias**

Na parte laboratorial houve uma participação muito ativa do laboratório de FURNAS, com o desenvolvimento da metodologia de ensaio para a determinação do teor de água, nos dispositivos para obtenção da tensão direta, muito útil para caracterizar o comportamento

de juntas de construção, bem como o sistema de ensaios em grande escala em laboratório.

Antes do início da construção de uma barragem de CCR é muito importante saber como se comportará o concreto. Uma avaliação em grande escala tem sido usada para otimizar o desempenho do equipamento, métodos de construção e outros parâmetros. O Centro Tecnológico de FURNAS - Goiânia - Brasil, está equipado para ensaios em grande escala para a CCR, que simulam condições de campo.

Esse dispositivo pode avaliar a variação da ação dos rolos vibratórios disponíveis no mercado, variando:

- Frequência da vibração;
- Velocidade de translação;
- Carga do rolo: estática e dinâmica.



Vista geral do Sistema

Vista do monitor de controle no interior da sala de controle

O sistema foi projetado para auxiliar na tecnologia do CCR em laboratório, permitindo estudar as características e propriedades do concreto, tais como: Comparar diferentes misturas; Estudos, variando as alturas das camadas; Estudo da união entre camadas de colocação; Estudo do grau de compactação das camadas RCC, variando a energia, frequência e velocidade dos rolos vibratórios; Estudos de propriedades RCC, sobre testemunhos extraídos, tais como:

- Massa Específica;
- Resistência à Compressão;
- Resistência à Tração Indireta;
- Resistência à Tração Direta;
- Cisalhamento;
- Módulo de Elasticidade;
- Fluênci;a;
- Capacidade de Alongamento;
- Permeabilidade;
- Propriedades Térmicas



Produção do CCR em Laboratório usando misturador de 1,5m<sup>3</sup> de capacidade

Homogeneização da mistura com uma carregadeira frontal



Espalhamento da Argamassa de Berço na Junta de CCR

Colocação do CCR no molde

O dispositivo é composto por um sistema de trilhos sobre os quais se move a estrutura do rolo de compressão. Na área central há um espaço no qual o molde é posicionado. O molde se posiciona abaixo do nível do piso. O aparelho é composto por basicamente três sistemas:

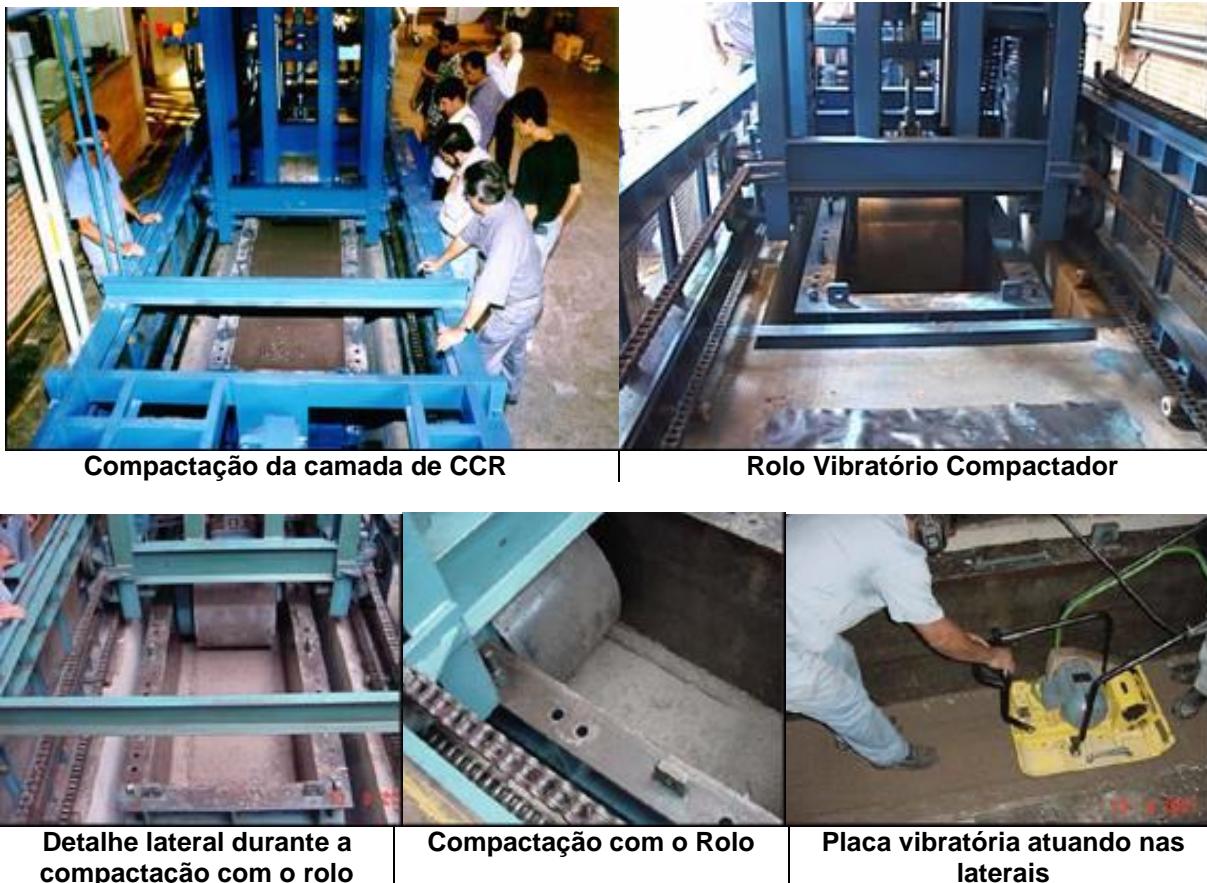
- Um para o movimento horizontal,
- Outro para o movimento vertical e
- Um terceiro, para aplicação de carga, os quais são mostrados a seguir.



Espalhamento e nivelamento da camada de CCR



Medição da altura da camada de CCR e compactação junto a lateral do molde



Compactação da camada de CCR

Rolo Vibratório Compactador

Detalhe lateral durante a compactação com o rolo

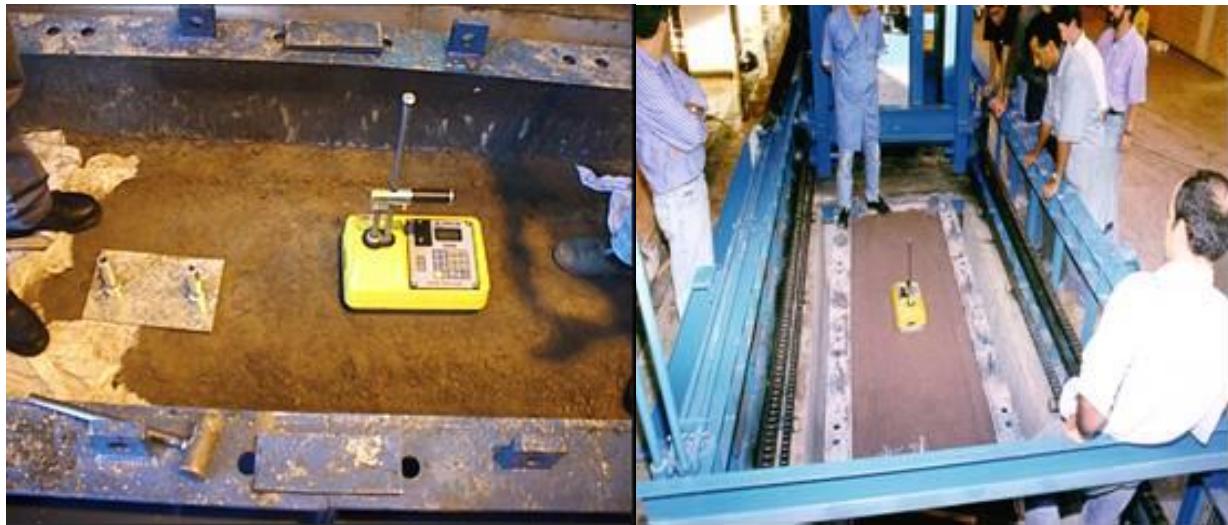
Compactação com o Rolo

Placa vibratória atuando nas laterais

O elemento de aplicação de carga é um atuador hidráulico de alto desempenho com 15 ton., de capacidade máxima. Os sistemas permitem a aplicação de cargas estáticas e dinâmicas de até 70 Hz. O uso de um motor elétrico permite o controle de velocidade nas duas direções, entre 0 km/h para 0,5 km/h, com variação contínua. A altura utilizável de 1.400 mm permite a execução de corpos de prova de até 1.200 mm de altura.

As amostras são compactadas dentro de um molde, e removidas do rebaixo por meio de uma ponte rolante.

O uso de moldes de diversos tamanhos pode chegar até o limite de 3.000 mm de comprimento, 1.200 mm de altura, com uma largura constante de 900 mm



**Ensaios para a determinação da Massa específica e Teor de Água após a compactação da camada de CCR**

A cura é executada numa câmara úmida própria com uma tampa articulada para que a amostra possa ser colocada pelo topo, com auxílio da ponte rolante. A umidificação é feita por aspersores colocados dentro da câmara, que também dispõe de um sistema de reciclagem da água em circuito fechado.

As amostras desses blocos são obtidas através de extração de testemunhos com auxílio de elementos e equipamentos com sistemas de corte com serra e/ou brocas diamantadas.



**Sazonamento do bloco de prova**

**Abertura da tampa do Sistema de cura**

**Cobertura do bloco de prova**



**Manuseio do bloco de prova**



**Desmoldagem do bloco de prova**



**Lateral do bloco desmoldada**



Desmoldagem total do bloco de prova

Câmara úmida para o bloco moldado



Extração de testemunhos do bloco ensaio de CCR, para obtenção de corpos de prova



Corpos de prova obtidos dos blocos ensaios de CCR

Para a obtenção dos agregados o laboratório mantém um sistema de produção e classificação compreendendo:

- Um britador de mandíbulas (modelo 4032),
- Um britador VSI (Eixo Vertical de Impacto, modelo Kanica 65);
- Um moinho (modelo FIBRAÇÃO VB-110-100), e
- Um sistema de peneiramento em 4 estágios (modelo Simplex SXP 2510/4D com 4 malhas),

Isso permite obter 4 faixas granulométricas com tamanhos máximos agregados desde 100mm a 4,8 mm, dependendo das características especificadas no projeto da obra.



Britadores e equipamentos para o processamento de agregados no laboratório<sup>[46]</sup>

### 3.3- Uso dos Materiais de Modo Sustentável

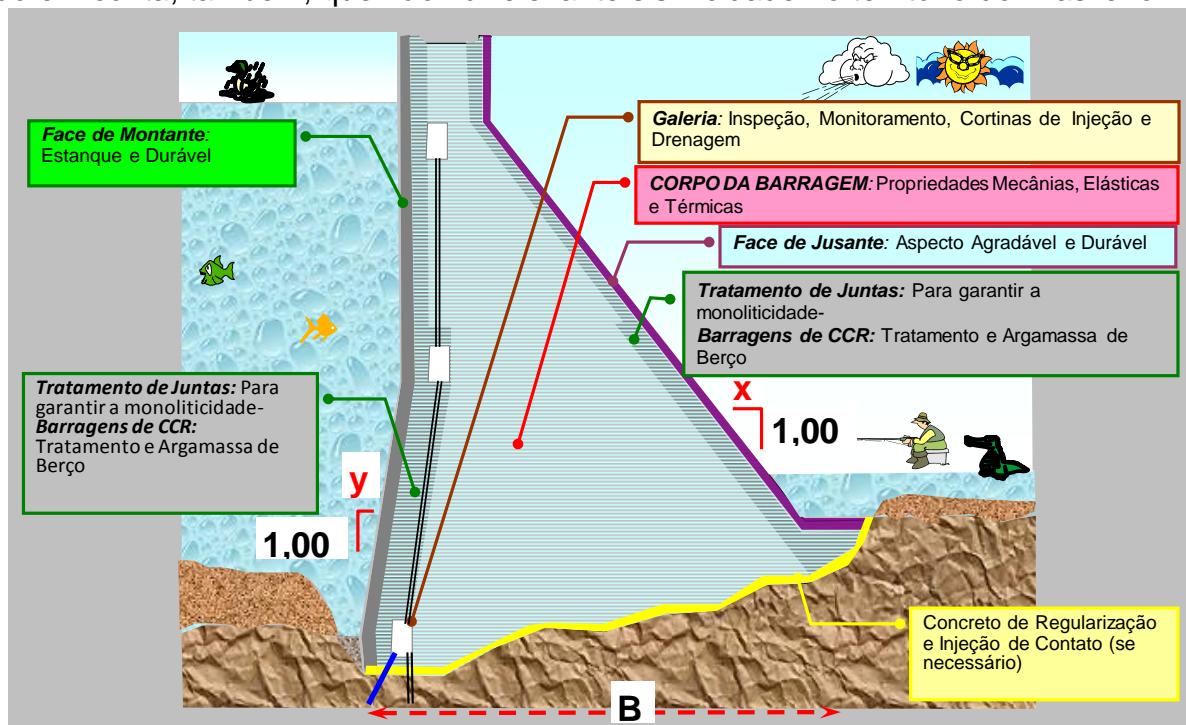
O entendimento das propriedades de concretos (CVC e CCR) em idades mais altas (180 e 365 dias) e a utilização do agregado pulverizado (“pó de pedra”), permitem construir barragens de concretos (CVC e/ou CCR) de **maneira sustentável**, devido ao:

- Uso de teor ótimo de aglomerante, e;
- Uso de um subproduto (“pó de pedra”), obtido nos sistemas de britagem durante o processamento de agregados.

## 4- PROJETO E ESPECIFICAÇÕES

### 4.1- Conceito do Corpo da Barragem de CCR

A prática Brasileira de construção de barragens de CCR estabeleceu-se, consolidando o aspecto conceitual para segurança do corpo da barragem, resultante do RCD (Roller Compacted for Dams do Japão), com a interface da simplicidade de construção observada no início de construção das barragens RCC norte americanas, construídas nos anos 80, tendo em conta, também, que não há relevante sismicidade no território do Brasileiro



Aspectos	Conceito	Uso
Regularização	Adequar o contato com a Fundação	Uma camada de CVC com cerca de 0,5m de altura, imediatamente antes do lançamento do CCR
Face de Montante	Estanqueidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>O mais usado é o CVC massa, dosado com finos (pó de pedra ou silte), e um teor máximo de aglomerante (ao redor de 200kg/m<sup>3</sup>), para minimizar o aspecto térmico;</li> <li>CCR enriquecido</li> </ul>
Face de Jusante	Aspecto visual agradável	CVC ou CCR enriquecido, executado em degraus
Face Vertedouro	De acordo com a vazão específica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazão específica <math>\leq 15\text{m}^3/\text{m}^*\text{seg.}</math> - em degraus como a face de jusante;</li> <li>Vazão específica <math>&gt; 15\text{m}^3/\text{m}^*\text{seg.}</math> – executado com CVC com Fator A/C (Água/Cimento) adequado à velocidade</li> </ul>
Corpo Barragem	Adequando as Propriedades Mecânicas, Elásticas e Térmicas	CCR dosado para resistir aos requisitos impostos decorrentes das cargas e dimensões (ver abaixo)
“B”; “x” e “y”	Resultantes das cargas impostas e das características geomecânicas do maciço de fundação	As dimensões “B” e “x” e “y” decorrem das condições de suporte da fundação e do balanço de comparação de custos

Aspectos	Conceito	Uso
Argamassa de Berço	Para garantir a estanqueidade e as resistência à tração e cisalhamento	Devido a Não-sismicidade, somente o Atrito é suficiente para a Estabilidade, mas por Segurança a Argamassa de Berço é normalmente usada e aplicada na região de montante em uma extensão de cerca de 25% da dimensão "B" a cada junta de construção, Normalmente se adota: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervalos de lançamento maior que 4 horas, durante o dia ou maior que 8 horas durante a noite aplica-se a Argamassa de Berço</li> </ul>
Galerias	Quase sempre usadas	Para Drenagem Inspeção, Monitoramento e eventuais ações remediais.

Ou seja, um corpo maciço, com um sistema impermeável.

#### 4.2- Requisitos Técnicos- Propriedades

As propriedades normalmente exigidas para as barragens Brasileiras em CCR são:

Condição	Controle	Requerimento
CCR fresco	Consistência-Trabalhabilidade	Nos anos 90 um CCR mais seco era usado, com VeBe ao redor de 30 a 50 segundos. Após esse período o Tempo VeBe foi reduzido para 20 a 25 segundos, usando um CCR "pobre" com finos.
	Tempos de Pega	Para auxiliar no aspecto operacional durante os dias quentes, e para ajustar a quantidade de aditivos químicos e para adequar o tipo de tratamento da superfície das Juntas de Construção
	Temperatura de Colocação do CCR	Não há limitação da temperatura de colocação do CCR, devido ao baixo teor de aglomerante e a grande área para difusão da temperatura e a espessura da camada
CCR endurecido	Resistência à Compressão	Um intervalo de 7 a 12 MPa a 90 dias ou 180 dias ou 1 ano (dependendo do tempo de construção adotado). Isso pode ser obtido com consumos de aglomerante de 70 a 100 kg/m <sup>3</sup> .

#### 4.3-Materiais

##### 4.3.1- Agregados

Para as barragens Brasileiras de CCR apenas três agregados são especificados normalmente sendo:

- Graúdo II -de 50mm a 25mm;
- Graúdo I – de 25mm a 5mm (ou 10 mm, dependendo se o local da obra ser seco ou chuvoso). Isto é, considerando uma melhor condição operacional do britador;
- Areia-menor que 5 ou 10 mm (considerando a abordagem anterior).

##### 4.3.2- Aglomerantes

Como informado anteriormente, devido às grandes distâncias de transporte no País, o cimento tipo Portland Pozolânico é normalmente usado. Em algumas, poucas, barragens é adotado um cimento Portland Comum (tipo OPC- Ordinary Portland Cement) com um Material Pozolânico disponível (cinza volante, ou escória de alto forno moída).

#### 4.3.3- Finos ( $\leq 0,075\text{mm}$ )

Para melhorar a trabalhabilidade e podendo considerar as "atividades pozolânicas parciais" de "**pó de pedra**" com condição mineralógica favorável, esse material tem sido usado em uma faixa de 10% a 18% (em média 12%) contido na areia

#### 4.3.4- Aditivos

Considerando a condição climática do País a incorporação de ar não se faz necessária para os aspectos de durabilidade. O uso de aditivo Retardador de Pega, com ou sem ação plastificante, tem sido adotado durante o período quente dos dias e na temporada de verão para melhorar o tempo de manuseio operacional.

#### 4.3.5- Estocagem de Materiais

A prática Brasileira induz aos Projetistas, Consultores e Construtores a adotar a dimensão dos estoques e materiais (cimentos, agregados, aditivos, águas, etc.) em correspondência ao período mais longo para garantir uma execução contínua da obra de acordo com a responsabilidade do Construtor quanto ao cronograma e programa de construção.

Isto significa que, se a obra é localizada em uma área remota, a dimensão dos estoques deve ser suficiente para garantir um trabalho uniforme e contínuo sem paradas. Esta condição é imposta pelo contratante em respeitar sua própria aprovação do programa de construção. De uma forma regular, estoques para **uma ou duas semanas** são adotados, não mais do que isso.

### 4.4- Dosagem dos CCRs

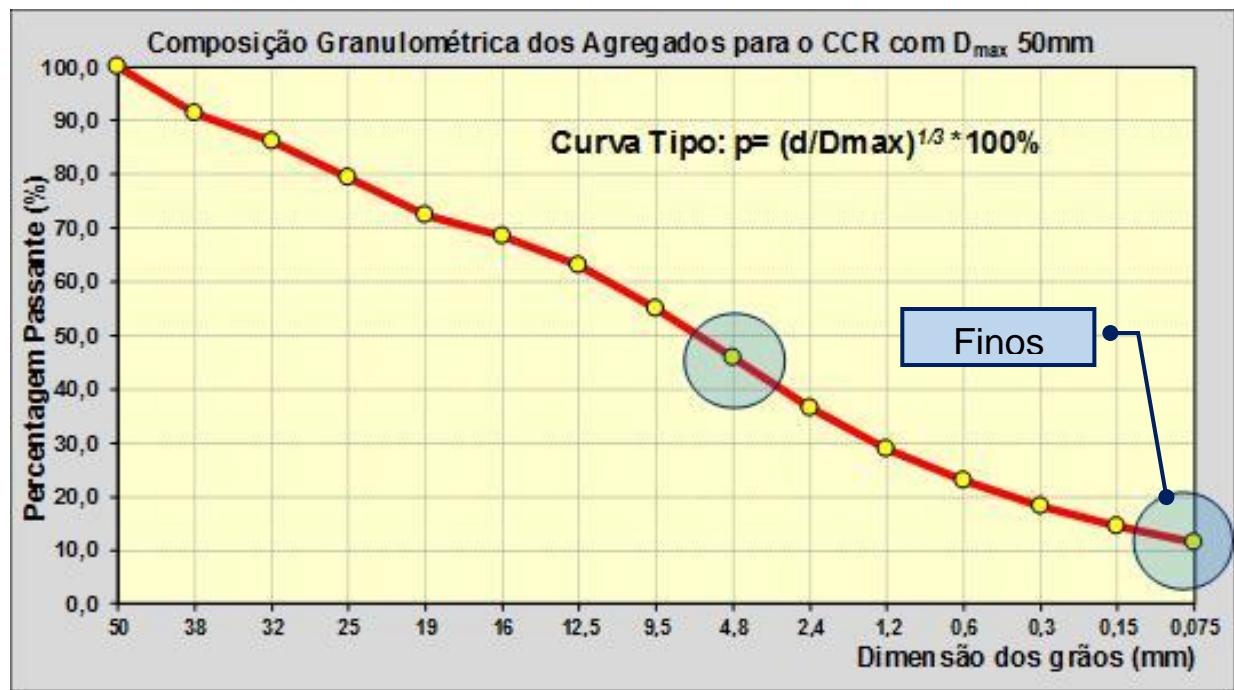
#### 4.4.1- Conceito Geral

O conceito de dosagem adotado, geralmente é o da tentativa para se ter uma composição uniforme dos agregados, água e aditivos (se usado) para um tempo VeBe, e para cumprir com as propriedades necessárias do projeto, com o mínimo, praticável com segurança, da quantidade do teor de aglomerante

#### 4.4.1- Composição dos Agregados

As misturas de CCR geralmente, são proporcionados para cumprir o objetivo principal de alcançar a máxima massa específica. Os agregados, então, são combinados para ajustar o mais próximo possível de um tipo de curva cúbica do tipo:

- $p = [(d/D_{max})^{1/3} \times 100\%] \pm 5\%$ , onde :
  - $p$  = % passante pela malha de dimensão-abertura "d";
  - $d$  = dimensão da abertura da malha (mm);
  - $D_{max}$  = Dimensão Máxima do Agregado

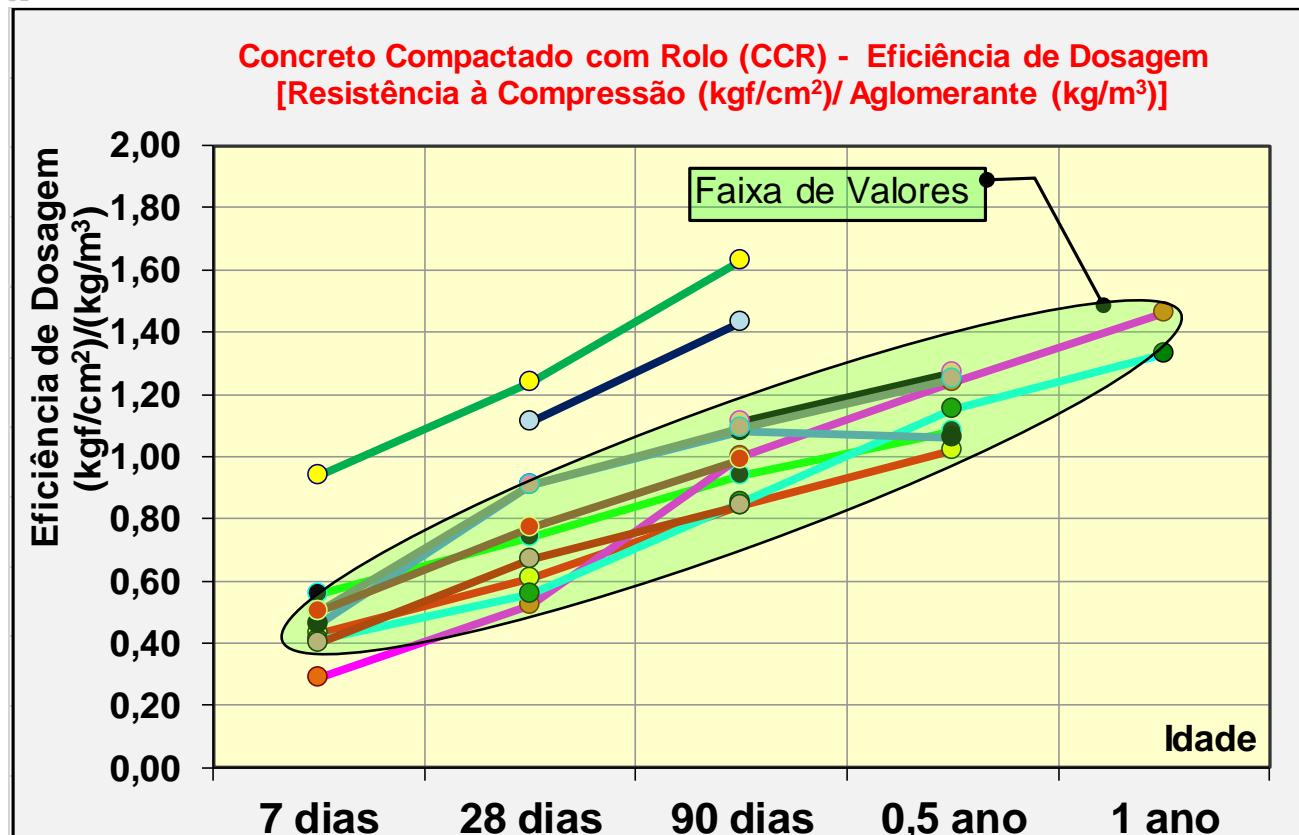


#### 4.4.2- Teor de Água

O conteúdo de água é definido para atingir a densidade máxima durante a compactação. Ao início das produções de CCR, o teor de água é ajustado com a umidade medida. Uma vez estabelecido o teor de água, normalmente varia pouco ou quase nada, sendo ajustado, como o aglomerante, em uma faixa de valores. Durante a construção, o controle de teor de água é em grande parte ajustado visualmente pela inspeção durante a colocação para se obter a melhor compactação, confirmando-a pelo ensaio de densidade. A quantidade de água adicionada na central de produção deve permitir qualquer perda por evaporação durante o transporte e colocação.

#### 4.4.3-Teor de Aglomerante

Finos, aglomerantes e água são proporcionados em dosagens para garantir a propriedade necessária, trabalhabilidade/consistência e atender os requisitos com base na experiência. As misturas são proporcionadas com base na trabalhabilidade desejada para uma gama de teor de cimento, reposição de cimento por material pozolânico, conteúdo de finos e outras variáveis (Finura do cimento e do material pozolânico, granulometria e forma dos agregados). A família resultante das curvas de desempenho é usada para determinar as proporções de materiais que irão obter as propriedades desejadas. Uma curva de eficiência de mistura (quociente entre resistência à compressão por conteúdo de cimento), normalmente, pode ser útil para ajudar na escolha da quantidade de cimento ou aglomerante para atingir a resistência à compressão.

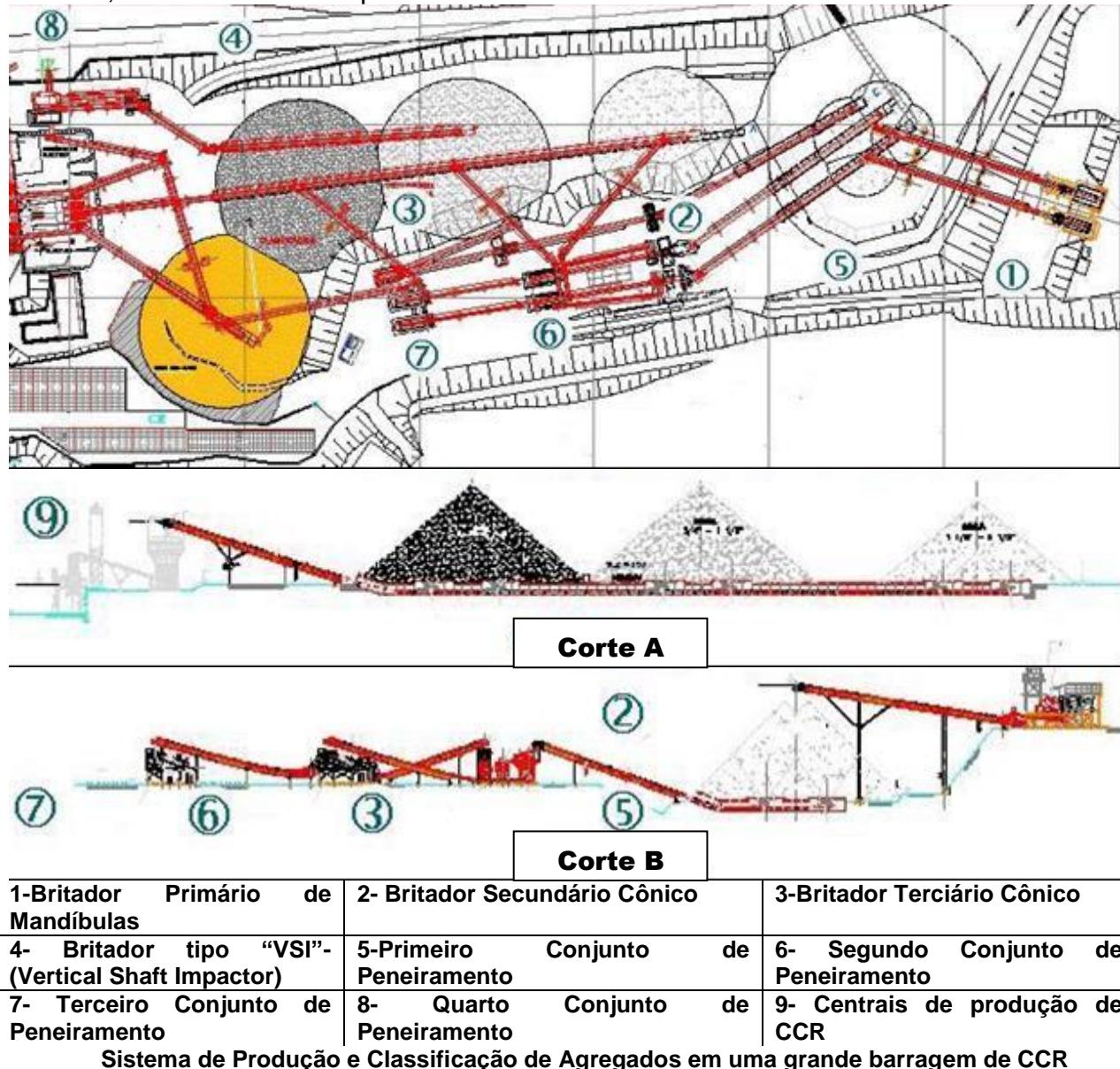


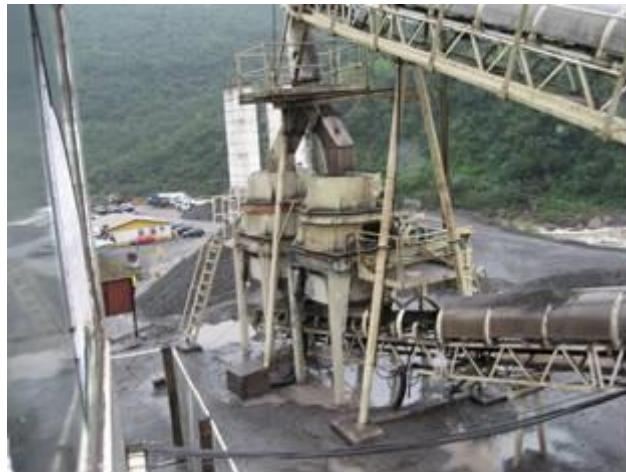
Eficiências de Dosagens obtidas durante o Controle de Qualidade de algumas obras Brasileiras de CCR para ajudar na seleção do teor de aglomerante para novas obras.

## 5-PRÁTICAS DAS CONSTRUÇÕES DE CCR

### 5.1- Sistema de Produção de Agregados

A planta de produção e beneficiamento de agregados, normalmente, é planejada com britadores primários, secundário e terciário e, às vezes, uma quarta máquina. Considerando a taxa de produção necessária uma ou duas linhas paralelas compõem o sistema, como abaixo exemplificado.





Dois britadores, tipo “VSI”, para produzir areia e finos

## 5.2- Central para Produção de CCR

O CCR pode ser produzido tanto no misturador do tipo convencional (Cônico Basculante), como em centrais com misturador contínuo, com características específicas para a obtenção da CCR, como centrais gravimétricas, de mistura contínua, ou de pequeno tempo de mistura (~ 50 segundos) ou com misturadores do tipo forçado. Para a construção das barragens Brasileiras de CCR, vários modelos ou tipos têm sido usados de modo a atender a taxa de produção e a velocidade de colocação planejados.



Diferentes tipos e modelos de centrais de misturadores adotados no Brasil para CCR

### 5.3- Manuseio-Transporte

A maneira comum de transporte do CCR desde a central até o local de colocação, é o através de “lote (ou betonada/lote)” através de caminhões basculantes. Em algumas obras, utilizou-se correia transportadora até o ponto de carregamento dos caminhões e deste ponto o caminhão basculante, até área de colocação.

O sistema de transporte múltiplo, com caminhão, chutes e correia, também tem sido usado. É importante notar que o transporte ao local de lançamento deve ser conduzido de forma que não segregue, contaminação ou secagem



Caminhões basculantes normais e fora de Estrada



Lavagem dos pneus



Correia transportadora



Correia transportadora e chute

## 5.4- Colocação

Contemporaneamente há dois métodos adotados para colocar o CCR, sendo que a escolha de um dos processos varia de acordo com o interesse da construtora. Tais métodos são citados abaixo.

### 5.4.1- Método de Lançamento em Camadas Horizontais

A colocação do CCR é feita em camadas horizontais, consideradas como método tradicional.



Lançamento do CCR em camadas horizontais

### 5.4.2- Método de Lançamento em Camadas Inclinadas (“Sloped Layer”)

A colocação de concreto com avanço frontal em rampa foi usada no Brasil para a construção em CVC massa desde os anos 70's, e essa metodologia começou a ser utilizada para a colocação do CCR ao redor dos anos de 95, durante a construção da Barragem Jiangya, na China. Este procedimento foi usado pela primeira vez para a colocação de CCR nas obras Brasileiras, na Hidrelétrica do Lajeado nos anos 2000



Lançamento do CCR em rampa

### 5.4.3- Faces das Barragens em CCR

**Face em CVC:** Nessa opção, o concreto é lançado em uma camada de cerca de 0,5m (largura) \*0,3m (altura após o adensamento) e por volta das 10m (comprimento) à frente do avanço de colocação do CCR.



**Colocação do CVC para a Face da barragem**

**CCR Enriquecido:** Nessa alternativa, a calda é lançada sobre a superfície CCR, próximo à face.

### 5.5- Altura das Camadas

A colocação do CCR normalmente é feita em camadas com uma altura de 0,3m (após compactada), na verdade em alguns recentes projetos internacionais há uma tendência a adotar 0,45m. No entanto, hoje em dia as barragens Brasileiras de CCR as camadas ainda permanecem sendo lançadas com 0,30m de altura.

### 5.6- Altura das Camadas e Espalhamento

Tratores de esteiras com lâmina frontal (“Bulldozer”) são normalmente utilizados no Brasil, na faixa de 12 toneladas (95HP) a 19 toneladas (170HP). Esses equipamentos têm provado ser o melhor para espalhar o CCR. São rápidos, suficientemente precisos e contribuem para a uniformidade da compactação do CCR. Podem re-misturar o CCR e minimizar a segregação que pode ocorrer durante o basculamento ou lançamento.

Tema	Prática
Altura de camadas	300mm
Espalhamento	Tratores de lâmina Frontal com potência entre 90 e 150HP e peso entre 8 e 17t (equivalentes ao D4 ao D6). Em algumas situações (dimensões das praças) tem-se adotado também, moto-niveladoras com potência de cerca de 170HP e peso ao redor de 20t.



**Tratores de Lâmina Frontal (“Bulldozers”)**

## 5.7- Compactação e Adensamento

A tecnologia do CCR depende de compactar o concreto com rolo vibratório. Rolos vibratórios dentro dos padrões regulares (10 a 12 toneladas) provaram, na maioria dos casos, para ser eficazes a compactação do CCR geralmente dosados na construção das barragens Brasileiras. Para áreas confinadas rolos pequenos e/ou placas vibradoras são, normalmente, usados.

Tema	Prática
<b>Equipamento para Compactação do CCR</b>	Rolos vibratórios liso, simples ou duplo com peso ao redor de 10t a 12t, com frequência, amplitude e velocidade de translação controlados para que sob determinado número de passadas atinja a densidade requerida, para a dosagem estabelecida
<b>Adensamento da Face</b>	Vibradores de imersão para o CVC. A rotina tem variado em função do custo da mão de obra, disponibilidade de equipamentos e tipo de face adotada (CCR enriquecido, ou CVC)



Rolos compactadores de diferentes tipos, modelos e dimensões, placas vibratórias para o CCR e vibradores de imersão para o CVC e/ou CCR enriquecido de uso comum no Brasil

## 5.8- Proteção e Cura

Tema	Prática
<b>Proteção durante a colocação</b>	Nebulização através de espingarda de água-ar ou nebulizadores
<b>Cura</b>	Aspersores manuais ou fixos ou fumigadores tipo agrícola



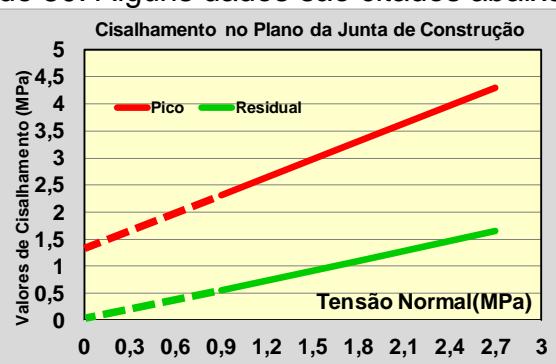
Proteção do CCR durante o lançamento e cura, com distintos equipamentos, ferramentas e maneiras durante a construção das barragens Brasileiras de CCR

## 5.9- Tratamento da Superfície das Juntas de Construção

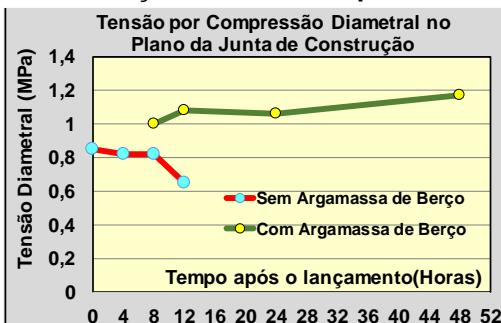
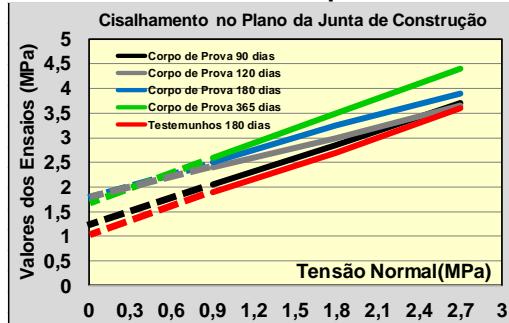
Devido ao fato de que é impraticável lançar o CCR continuamente em todo o corpo da barragem, sem interrupções, a formação de juntas de construção é inevitável. Mesmo em construções de CCR, se o tempo decorrido entre a colocação de duas camadas sucessivas é excessivo e ultrapassar o Tempo de Início de Pega, pode ocorrer a formação de juntas frias

Tema	Prática
<b>Limpeza da Superfície</b>	Quando a próxima camada de CCR é lançada antes de 4 horas durante as horas do dia ou 8 horas durante o período noturno, faz-se somente a limpeza com jatos de ar-úmido
<b>Limpeza da Superfície e aplicação de Argamassa de Berço</b>	Quando o lançamento da nova camada de CCR for em tempo superior ao acima citado, normalmente se aplica argamassa de berço em cerca de 25% da largura da base da camada, na região próxima a montante
<b>Junta de Construção no CVC ou CCR enriquecido</b>	Aplica-se o “Corte Verde” na ocorrência de tempos superiores aos indicados

Os procedimentos acima mencionados são adotados com base em ensaios e pesquisas realizados em laboratório desde a década de 80. Alguns dados são citados abaixo<sup>[26; 46]</sup>.



Ensaios de cisalhamento direto possibilitando a determinação do estado duplo de tensões<sup>[de 46]</sup>



Resultados de cisalhamento e de resistência de tração por compressão em corpos de prova com distintas condições da superfície das juntas de construção<sup>[46]</sup>



Limpeza da superfície da junta de construção para a subsequente colocação do CCR, usando jatos de ar úmido

“Corte Verde” aplicado à superfície do CVC



Aplicação da argamassa de berço sobre a superfície da junta de construção do CCR

### 5.10- Moldagem da Junta de Contração

A prática da formação da junta de contração no CCR, normalmente tem-se resumido ao que se segue:

Tema	Prática
Execução da Junta de Contração no corpo da Barragem	Na maioria, usa-se gabarito metálico e/ou madeira para a colocação de manta plástica, retirando o gabarito logo antes das primeiras compactações
Junta de Contração na Face	Gabaritos metálicos ou de madeira compensada



Moldagem da Junta de Contração, pela inserção de lâmina metálica com auxílio de um rompedor manual

Moldagem da Junta de Contração, pela colocação de lâmina plástica com auxílio de uma tábua, com a posterior retirada da madeira.



Uma nova e simples alternativa para a moldagem da Junta de Contração recentemente adotada em barragem Brasileira de CCR.

Para evitar a ocorrência de fissuras decorrentes da evolução térmica, as juntas de contração são estabelecidas formando blocos de CCR, normalmente espaçadas a cada 15m, eventualmente atingindo 20m. Na região das faces, uma dupla linha de veda-juntas

de PVC (Cloreto de Poli-Vinila) normalmente estabelece o sistema de estanqueidade, instaladas, juntamente com um dreno entre os veda juntas.



Dupla linha de veda-juntas de PVC, dreno e o aspecto da face com a junta de contração e o sistema de veda-juntas

## 5.11- Galerias e Poços

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



Diferentes alternativas para a conformação de galerias

## 6-CONTROLE DE QUALIDADE

### 6.1- Aspectos Gerais

Durante a construção de uma barragem de CCR, devido à velocidade, todos os materiais devem ser verificados antecipadamente. Cimento, agregados, aditivos, água são certificados com antecedência. O concreto CCR é controlado em 3 etapas:

- Mistura de CCR fresco
  - Em laboratório (durante a fase de dosagem);
  - Na central de concreto (durante a produção);
- Durante a colocação do CCR
- Mistura do CCR endurecido
  - Através das amostras do CCR (em laboratório) para a verificação da resistência e
  - Através da extração de testemunhos do corpo da barragem

Em qualquer situação, a particularidade da consistência da CCR, com um baixo teor de água de baixo e alto teor de fino, requer um processo de avaliação contínuo da mistura e do transporte.



Aparelhos e ferramentas para a amostragem do CCR

Amostragem de CCR

Preparo do CCR para os ensaios

### 6.2- CCR Fresco



Determinação da Consistência/Trabalhabilidade e Massa Específica usando aparelho VeBe.



Determinação da Massa específica e Teor de Água pelo DMA (“Dispositivo Medidor de Água”- desenvolvido por Pacelli ao redor de 2003.

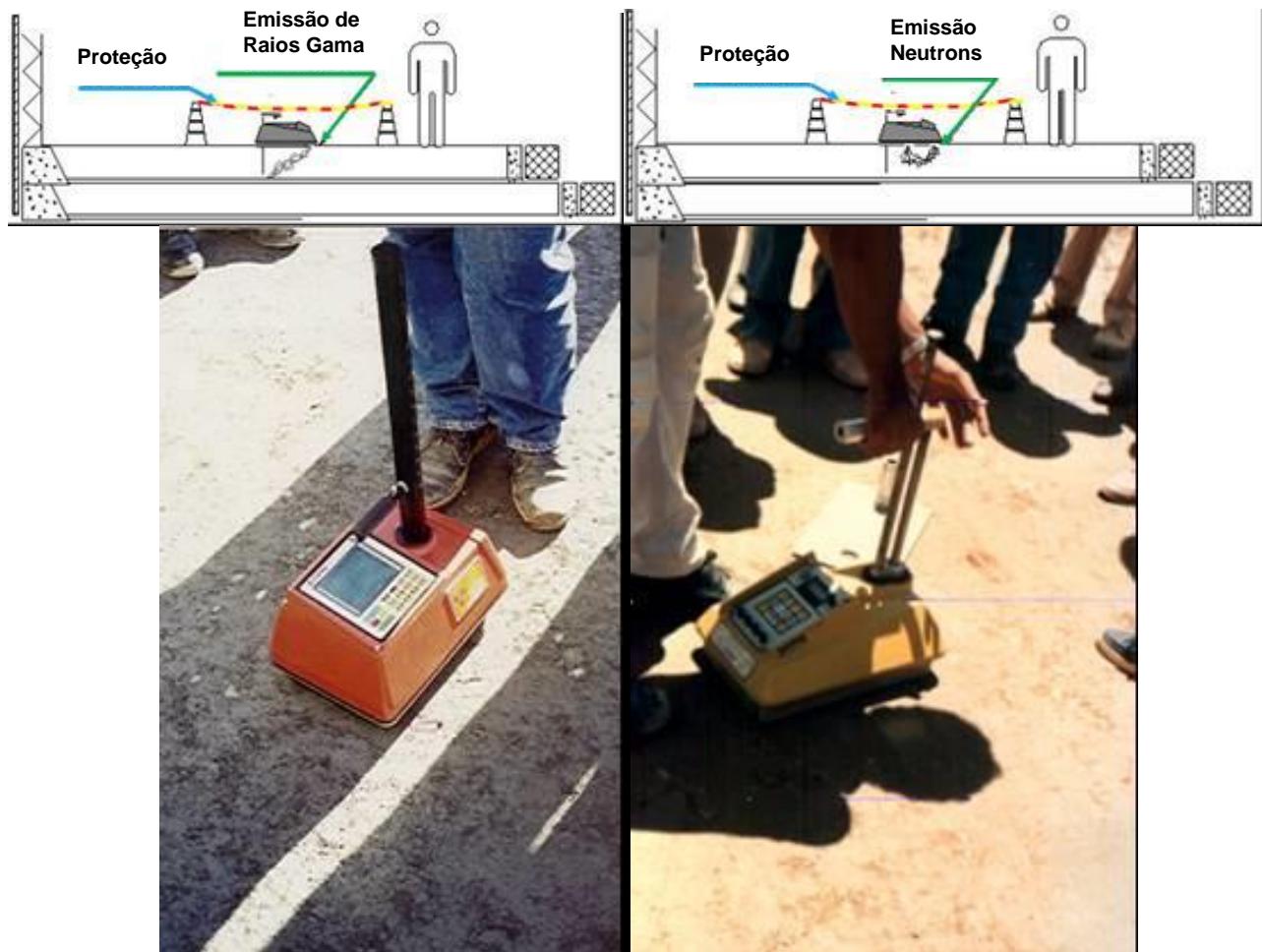


Ensaio de Permeabilidade do CCR fresco para avaliar a dosagem e os vazios da composição granulométrica



Moldagem dos corpos de prova cilíndricos com CCR

### 6.3- Durante a Colocação do CCR



Determinação da Densidade e Teor de Água através do Densímetro Nuclear

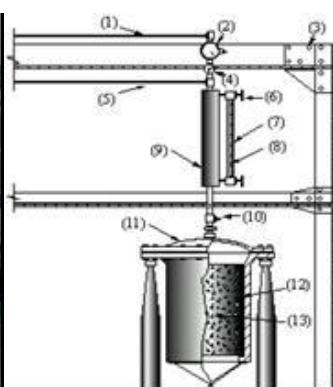
## 6.4- No CCR Endurecido



Ensaio de Tração pela Compressão Diametral

Ensaio de Tração Direta

Ensaios para determinação do Módulo de Elasticidade usando extensômetro elétrico e relógios comparadores



- 1) Suprimento de ar Comprimido
- 2) Medidor de Pressão
- 3) Estrutura metálica
- 4) Vaálvula de controle da pressão
- 5) Suprimento de água
- 6) Válvula de Alta Pressão
- 7) Tubo Transparente
- 8) Reservatório Medidor
- 9) Reservatório de Água
- 10) Válvula de entrada
- 11) Tampa da Campânula Metálica
- 12) Campânula Metálica
- 13) Vedação betuminosa, entre a Campânula e o Corpo de Prova

Ensaio de Permeabilidade no CCR endurecido RCC

## 6.5- Sobre as Amostras obtida dos Testemunhos Extraídos



Testemunhos extraídos para ensaios e inspeção do comportamento das juntas de construção e do uso da argamassa de berço.

## 6.6-Exemplo de Procedimentos do Controle de Qualidade Adotados Durante a Construção de uma Grande Obra de CCR- Salto Caxias<sup>[38]</sup>

### 6.6.1- Informações Gerais

Durante a execução de aproximadamente 950.000m<sup>3</sup> de CCR no Barramento (Barragens e corpo do Vertedouro) da UHE de Salto Caxias, vários desenvolvimentos e adaptações foram feitos no Controle de Qualidade dos Materiais e Concreto.



Salto Caxias durante a construção- época da preparação para grandes vazões – ao redor de 15.000m<sup>3</sup>/s- (7.500m<sup>3</sup>/s pelas adufas e 7.500m<sup>3</sup>/s sobre passando a barragem durante a construção)

O sistema de controle de qualidade, iniciado em 1995 desenvolveu-se até meados de 1998, podendo ser dividido em dois períodos muito distintos, com muitos procedimentos tendo sido modificados e/ou melhorados. Quarenta e dois “**POPs**”-Procedimentos Operacionais do Padrão foram desenvolvidos para orientar e controlar as ações. Os dois períodos básicos observados são:

<b>Período</b>	<b>Época</b>	<b>Volume de CCR Aplicado (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Inicial</b>	II/1996 a V/1996	111.200
<b>Final</b>	VI/1996 a VI/1998	834.400
<b>Global</b>	II/1996 a VI/1998	945.600

No **Período Inicial** procurou-se adequar as equipes, avaliar e se adaptar às dificuldades operacionais. No **Período Final**, mais longo e com maior volume aplicado foram implementados procedimentos e ações que resultaram em melhorias nos resultados dos controles. Essas adaptações e implementações se procederam em 3 Grupos Básicos que se descrevem a seguir.

#### 6.6.2-Ensaios para o Controle de Qualidade do CCR

Foram estabelecidos “**POPs**”- Procedimentos Operacionais Padrão, para os diversos ensaios que se citam, visando disciplinar, orientar e uniformizar as ações e rotinas.

Foram considerados os seguintes ensaios:

- Consistência VeBe (sem Peso);
- Umidade do CCR pelo método do fogareiro;
- Umidade do CCR pelo método “DMA”;

- Densidade através da compactação na mesa VeBe;
- Granulometria e Módulo de Finura da mistura de CCR;
- Teor de cimento do CCR pelo método do calor de neutralização;
- Curva granulométrica, Módulo de Finura, Material Pulverulento, Absorção, e Densidade dos agregados nas faixas individuais;
- Densidade do corpo de prova de CCR endurecido;
- Densidade, umidade e grau de compactação do CCR na frente de lançamento, através do Densímetro Nuclear;
- Temperatura do CVC (Pré-refrigerado) da face de montante
- Resistência a compressão axial simples e tração por compressão diametral de corpos de prova;
- Características dos testemunhos extraídos da barragem- Densidade, Resistências, Absorção, Módulo de Elasticidade, Tração Direta e por Compressão Diametral

#### **6.6.3- Procedimentos Auxiliares para o Controle**

Foram, também, estabelecidos “**POPs**”- *Procedimentos Operacionais Padrão*, para as rotinas complementares e auxiliares, considerando:

- Aferição da central de produção e controle das anomalias que provocavam sua desaferição;
- Correção dos teores (consumos) do CCR, com o controle da umidade dos agregados;
- Controle do teor de cimento, e dos desajustes na central que provocavam sua variação;
- Controle do teor de água e dos desajustes que provocavam sua variação;
- Controle dos dispositivos bloqueadores de segregação;
- Controle da operação dos “Softwares” e “Hardwares” de comando da central de produção;
- Controle da velocidade do rolo compactador e número de passadas;
- Controle da transmissão da compactação para as camadas inferiores;
- Controle de perda de água da mistura de CCR entre a produção e a compactação
- Controle estatístico dos dados de ensaios dos corpos de prova de CCR, resistência, evolução com a idade, Coeficiente de Variação;
- Controle estatístico dos dados dos ensaios de controle de uniformidade do concreto fresco;
- Controle estatístico dos dados dos ensaios na frente de lançamento através do densímetro nuclear;
- Controle sobre a aplicação da argamassa sobre a superfície da junta de construção;
- Controle sobre o intervalo entre mistura (na Central de Concreto) e compactação;
- Controle sobre a espessura das camadas
- Controle sobre o tratamento da superfície das juntas de construção;
- Verificação da temperatura do maciço de CCR, através de termômetros instalados;
- Verificação do deslocamento de juntas de contração, através de extensômetros de junta instalados no CCR;
- Verificação de pressões no maciço através de piezômetros instalados no CCR.

#### **6.6.4- Ações sobre os Equipamentos de Produção e Materiais**

Foram, ainda, estabelecidos “**POPs**”- *Procedimentos Operacionais Padrão*, para as ações e equipamentos, considerando:

- Adaptações de chutes de descarga para evitar a segregação na saída dos misturadores;
- Uso de correias com reversão de direção para evitar segregação;
- Controle do teor de material pulverulado e absorção da areia artificial através da manutenção de proporções entre os diferentes tipos de basalto;
- Utilização e calibração de diferentes tipos de aparelho “DMA”;
- Utilização de tratores com aspersores do tipo agrícola para a cura do CCR na barragem;
- Controle da compactação com enfoque para a uniformidade na base da camada;
- Utilização de areia artificial com 18% de material pulverulado, tanto para o CCR, quanto para o CCV da face de montante.

#### **6.6.5- Dados sobre o Controle de Materiais**

Com base nos procedimentos adotados foram observados os seguintes parâmetros estatísticos nos controles sobre os materiais:

<b>Período/ Avaliação</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Granulometria-Variação do Módulo de Finura	Areia = 6,6% Brita 25= 3,4% Brita 50= 2,7%	Areia = 5,1% Brita 25= 2,5% Brita 50= 0,9%	Areia = 5,6% Brita 25= 3,2% Brita 50= 1,7%
Coeficiente de Variação da Absorção	Areia = 28,9%	Areia = 23,1% Brita 25= 27,3% Brita 50= 36,5%	Areia = 27,3% Brita 25= 27,3% Brita 50= 36,5%
Coeficiente de Variação dos Finos (< 0,075mm)	Areia = 13,7% Brita 25= 45,3% Brita 50= 53,3%	Areia = 7,4% Brita 25= 28,1% Brita 50= 33,5%	Areia = 9,5% Brita 25= 37,5% Brita 50= 48,2%
Coeficiente de Variação da Densidade dos Agregados	Areia = 1,5%	Areia = 1,1% Brita 25= 2,5% Brita 50= 1,9%	Areia = 1,4% Brita 25= 2,5% Brita 50= 1,9%

**Dados estatísticos dos controles sobre materiais**

#### **6.6.6- Dados do Controle da Mistura Fresca de CCR**

A partir dos ensaios sobre a mistura fresca, pode-se observar os seguintes parâmetros:

<b>Período/ Avaliação</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Coeficiente de Variação da Consistência	13%	21,1%	20,3%
Coeficiente de Variação do teor de cimento	12,4%	4,8%	5,8%
Coeficiente de Variação da Umidade-central-fogareiro	9,2%	5,4%	5,9%
Coeficiente de Variação da Umidade-central-DMA	N/D	1,9%	1,9%
Coeficiente de Variação da Densidade na mesa VeBe	3,5%	2,1%	2,3%
Coeficiente de Variação da Densidade- Campo	2,13%	1,53%	1,68%

**Dados estatísticos dos ensaios sobre a mistura fresca de CCR**

<b>Período/ Avaliação</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Coeficiente de Variação da Densidade- testemunhos	1,89%	1,77%	1,78%

**Dados de densidade dos testemunhos CCR**

Dentre os fatores que contribuíram para a redução do Coeficiente de Variação da resistência do CCR, pode se destacar a redução da variação do teor de cimento e do teor de água na produção.

A variação do teor de cimento foi reduzida principalmente pelo controle de desaferição da balança de cimento, não apenas através da execução de ensaios de teor de cimento, como também pela implantação de rotina de ações redutoras de desaferições, como por exemplo a limpeza das correias e da balança sempre que detectado acúmulo de material, e no mínimo três vezes por turno, monitoramento e regulagem dos roletes, monitoramento e regulagem das abas da peça de limpeza de retorno da correia, aferição da balança regularmente (sem interromper a produção) e ação corretiva e interrupção da produção quando detectado no ensaio do teor de cimento, variação do teor de cimento acima do limite desejado.

A variação do teor de água foi reduzida essencialmente pelo controle mais rigoroso sobre a variação da umidade dos agregados (areia, brita 25 e brita 50mm), em média um ensaio (Fogareiro) a cada 15 a 20 minutos (um colaborador fazendo ensaio em tempo integral), além da ação corretiva e até interrupção da produção quando o teor de água, obtido do ensaio DMA, estivesse fora do limite de variação desejado.

Da variação do teor de água e do controle sobre os agregados era de se esperar a redução da variação da consistência, o que pode se notar ao longo do tempo dentro do período final. Entretanto a análise foi prejudicada pelo fato de se ter implantado juntamente com as ações a utilização de VeBe sem peso no lugar do com o peso, visando a melhoria da acuracidade do método. Pela maior subjetividade do método do VeBe com peso (faixa de variação menor) o valor obtido estava mais inter-relacionado com a subjetividade do observador, o que reduzia sua representatividade.

A redução da variação da densidade compactada na mesa VeBe, também é fruto da redução da variação das características dos agregados e teor de água.

Da comparação entre resultados dos ensaios realizados na central e no campo, da experiência adquirida em ensaios e no próprio controle da produção pode se notar que:

- Ensaio de consistência VeBe para controle da produção apesar de extremamente útil e eficaz na determinação da consistência, não permite uma precisão suficiente para tomada de ações imediatas quanto ao controle do teor de água individual. Principalmente visando a redução do coeficiente de variação da resistência para patamares semelhantes ao CVC;
- O mesmo pode se concluir para o ensaio de fogareiro em que a também a variação inerente ao próprio ensaio não permite uma precisão maior.

O método DMA, entretanto apresenta precisão suficiente para tanto, uma vez que um valor apenas já é suficiente para detectar variações e tomar atitudes imediatas.

Da comparação da variação do teor de água do Fogareiro com o DMA se torna evidente a menor variação do primeiro para o mesmo período de análise.

É importante, entretanto, manter os dois primeiros, Fogareiro e VeBe, como ensaios auxiliares no controle do teor de água, uma vez que como o ensaio DMA se baseia em calibrações, pode apresentar, caso sofra algum dano, alteração de calibração, que é facilmente detectada na comparação entre os três ensaios. Mesmo porque em termos absolutos, na análise da média de um número maior de amostras, os três métodos tendem ao mesmo resultado, tendo os dois primeiros apenas uma nuvem de variação maior.

O mesmo é válido para o ensaio de determinação da densidade da mesa VeBe em que se pode notar uma variação maior que a do ensaio com o Densímetro, no campo, o que não pode condizer com a realidade uma vez que são efetuados no mesmo material, sendo que a densidade pelo VeBe não sofre a ação dos efeitos entre lançamento e compactação, como temperatura ambiente, tempo de exposição etc....

A redução da variação da densidade no campo medida pelo Densímetro nuclear, se deveu principalmente pela maior homogeneidade da camada e pela melhoria de controle da trabalhabilidade do CCR na central de concreto. Sendo a melhoria da homogeneidade devida a mudança de conceito de controle.

No período inicial se procedeu o controle com base na busca de 97% para o grau de compactação médio na camada. Já no segundo período buscou-se atingir grau de compactação na subcamada inferior acima de 97%. O que se tornou possível atingindo um grau de compactação médio de 98,5% na camada.

A redução da variação de trabalhabilidade na central de concreto se deveu aos fatores já citados nos demais itens, sendo o mais influente o controle sobre a variação do teor de água na central.

#### **6.6.7- Controle sobre o Concreto Endurecido e Resultados de Ensaios sobre o CCR**

De mesma maneira pode-se observar, a partir dos ensaios sobre os corpos de prova moldados com o CCR, os seguintes parâmetros:

A variação da resistência foi reduzida em face das ações de controle, como as citadas nos itens anteriores. A variação média obtida ainda engloba os períodos de transição. Além de conter um acréscimo de variação gerado pela variação da resistência em todas as idades com a temperatura ambiente.

<b>Período/ Avaliação</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Coeficiente de Variação da Densidade nos corpos de prova	<b>N/d</b>	<b>1,15</b>	<b>1,15</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 7 dias	<b>25,4%</b>	<b>19,3%</b>	<b>20,0%</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 28 dias	<b>27,2%</b>	<b>17,4%</b>	<b>18,6%</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 90 dias	<b>18,8%</b>	<b>16,0%</b>	<b>16,3%</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 180 dias	<b>21,1%</b>	<b>14,5%</b>	<b>15,3%</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 365 dias	<b>23,3%</b>	<b>13,7%</b>	<b>14,8%</b>

**Dados estatísticos dos ensaios sobre os corpos de prova do CCR endurecido**

<b>Período/ Avaliação</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Global</b>
Coeficiente de Variação da Resistência Média – 480 dias	<b>31,0%</b>	<b>21,6%</b>	<b>22,7%</b>

**Dados estatísticos dos ensaios sobre os testemunhos extraídos**

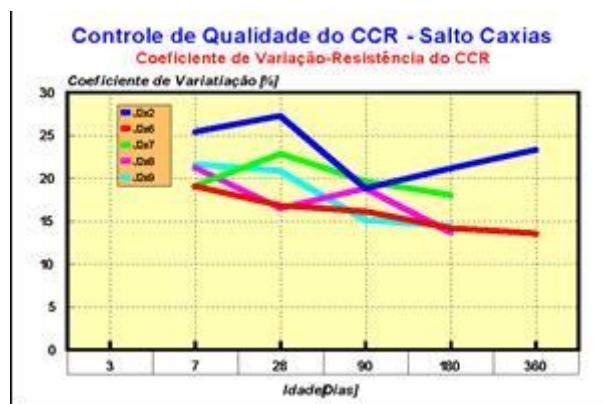
As figuras abaixo mostram que, às vezes, o coeficiente de variação mensal foi inferior a 10%. Os valores mais comuns são entre 11 e 13%.



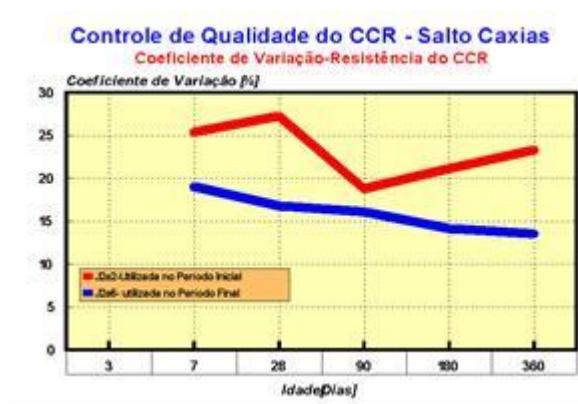
**Evolução mensal dos Coeficientes de Variação nas várias idades de controle**



**Coeficientes de Variação (acumulado) das resistências na idade de 180 dias, para os dois períodos- inicial e final.**



**Redução dos coeficientes de variação das misturas utilizadas nos vários períodos**



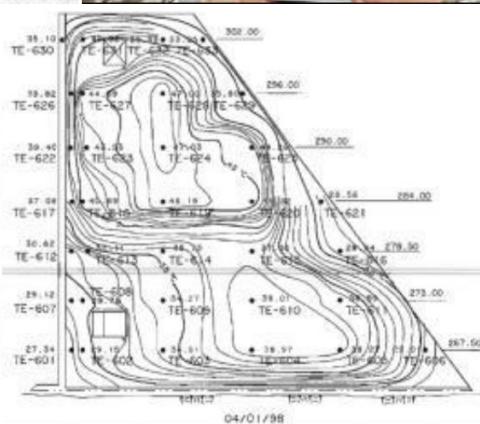
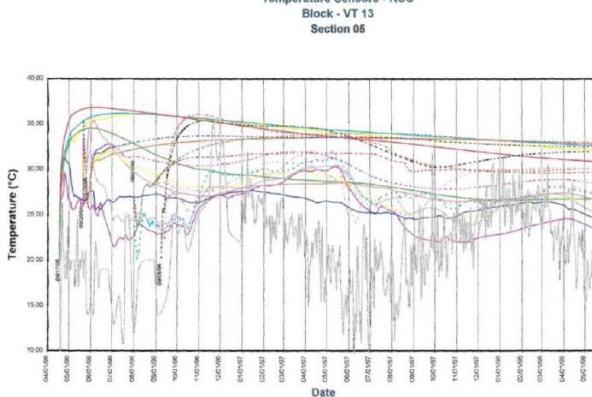
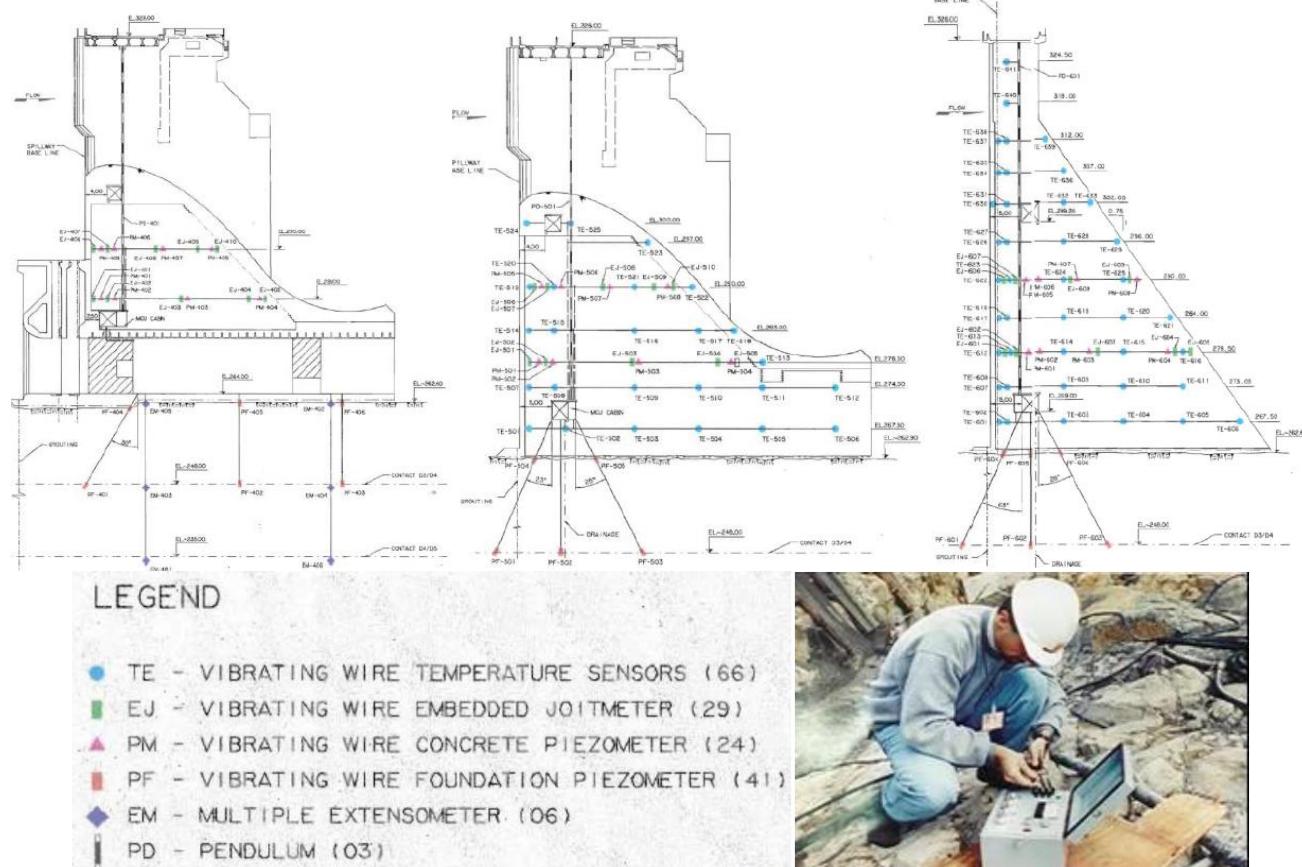
**Comportamento dos Coeficientes de Variação das misturas representativas mais utilizadas em cada um dos períodos**

Esses valores são bastante próximos aos do CVC de montante, cujo coeficiente de variação na idade de controle, ponderado para todos os traços na idade de controle, após as ações de controle, reduziu-se para até 11,9%, para as rupturas até então já realizadas.

## 7-INSTRUMENTAÇÃO

O monitoramento de barragens brasileiras com CCR, concluídas, consiste nas medições obtidas pelos instrumentos e inspeções visuais. Inspeção visual e o monitoramento podem ser de distintas maneiras e são realizados regularmente. Medidas de vazões percoladas é o mais importante que deve ser avaliado.

O monitoramento tem sido, sempre, um motivo de preocupação nas barragens Brasileiras e, portanto, quase todos os projetos tendem a ter algum tipo de instrumentação como termômetros, piezômetros, medidores de juntas e medidores de vazão. Há também uma preocupação em reduzir o número de instrumentos incorporados o CCR para evitar interrupções durante a construção.



## 8-DESEMPENHO DAS BARRGENS BRASILEIRAS DE CCR

### 8.1- Aspectos Gerais

De modo as barragens Brasileiras em CCR têm um desempenho satisfatório sem representatividade estatística negativa como informado antes.



Barragem de Umari em CCR

### 8.2- Dano Devido à Condição de Fundação

A barragem de Camará em CCR foi construída entre 2001-2002.



Barragem de Camará em CCR, ao término da construção

No início da noite de 17 de junho de 2004, uma ruptura acentuada ocorreu em um trecho da Fundação da barragem. Este acidente não acontece rotineiramente em um projeto desse tipo. Então, o Concessionário passou a investigar como fora construída a barragem; como ocorreu o acidente.

Onze dias depois, a parte restante sobre a zona rompida, que causou o esvaziamento rápido da barragem, também entrou em colapso.



**Sequência da ruptura, e a rocha alterada e o bloco sob a região do contato da barragem com a fundação.**

No corpo da barragem, a ruptura ocorreu próximo a margem esquerda, onde a barragem foi assente em rochas fraturadas com material alterado entre blocos de rocha. Com a elevação do nível da água, injeções foram insuficientes para evitar a permeabilidade da massa rochosa. A pressão da água, gradualmente, expulsou o material alterado entremeados nos blocos de forma a facilitar a passagem de água. Houve um instante em que os blocos ficaram sem o apoio e o fluxo da água os empurrou, rompendo o equilíbrio original.

### **8.3- Fissuras e Aberturas das Juntas de Contração**

Devido ao baixo teor de aglomerante e as condições climáticas da região, as fissuras nas barragens Brasileiras de CCR são raras.

Em algumas barragens, devido a uma súbita inflexão na Fundação, a abertura de juntas de contração (normalmente posicionado sobre estas inflexões) foram mais pronunciadas.



Aspecto da abertura de uma Junta de Contração no interior da barragem. A Junta de Contração fora posicionada sobre a inflexão da fundação rochosa de elevado Módulo de Elasticidade

#### 8.4- Percolações

Algumas barragens Brasileiras de CCR construídas em zonas muito remotas e - infelizmente - com trabalhadores pouco habilitados, mostram algum vazamento devido, principalmente, a um inadequado adensamento do CVC da face



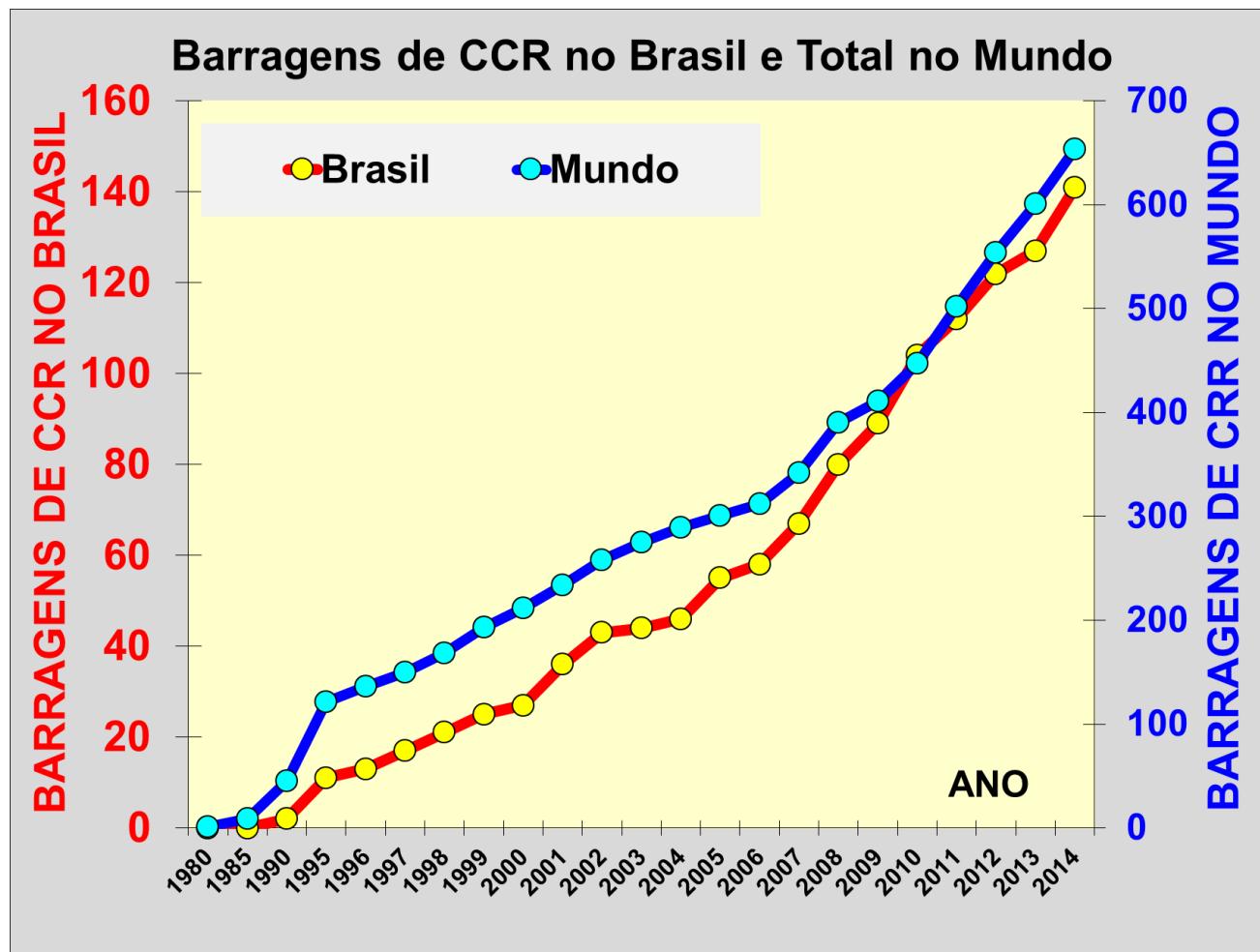
Infiltrações devidas a falhas na face de montante

Reparo em Saco de Nova Olinda, com a aplicação de Membrana de PVC ao redor de 2011/2012, cerca 25 anos após a construção.

## 9-ESTATÍSTICAS

As "estatísticas disponíveis" e as pesquisas do autor e alguns profissionais colaboradores, no Brasil, estão representados na figura abaixo e inclui mais de 145 barragens CCR.

O número de barragens de CCR no mundo ao final de 2014 atingiu mais de 660 e pode ser um pouco mais, pois várias entidades de vários Países evitam enviar informações para reduzir o assédio de profissionais sobre as decisões dos projetos. Cada informação mostra vantagens e peculiaridades em locais distintos, sob diferentes regimes hidrológicos e não permite afirmar uma razão, apenas por preferências, impedindo a seleção apropriada e correta.



O **ANEXO I- BARRAGENS BRASILEIRAS DE CCR**, mostra todas as informações disponíveis de cada projeto.

## **10- COOPERAÇÃO BRASILEIRA EM PROJETOS BRASILEIROS NO EXTERIOR**

Os Projetistas, Construtores, Laboratórios e Consultores Individuais Brasileiros desenvolveram oportunidades para cooperar com entidades estrangeiras em relação à expansão do uso da técnica do CCR.

A troca de informações com autoridades e empresas de outros Países permitiram o autor a afirmar que o Brasil é um dos Países que mais estudaram as características da CCR. Também, a dimensão territorial Brasileira, levou à busca de soluções não convencionais, a criação de alternativas que estabeleceu procedimentos para adaptar-se aos problemas regionais e idiossincrasias, sem a necessidade de impor, normalmente importando soluções, ou adotar soluções inadequadas, para as condições da região da obra.

Esse procedimento facilita e fornece soluções, possibilita conquistas, e muito mais, abre os olhos de profissionais e líderes em busca de outras novas soluções, permitindo a redução de custos e capacitar a construção de novos projetos.

A cooperação dos profissionais brasileiros em alguns projetos de barragem de CCR no exterior é mencionada no **ANEXO II – COOPERAÇÃO BRASILEIRA NO EXTERIOR**.

## 11-BIBLIOGRAFIA

De 1976 até maio/2015, mais de 500 artigos técnicos Brasileiros sobre o CCR foram publicados em revistas, simpósios, congressos, no Brasil e no exterior, em muitas organizações técnicas importantes como:

- ICOLD- International Commission on Large Dams;
- CBDB- Comitê Brasileiro de Grandes Barragens;
- IBRACON-Instituto Brasileiro de Concreto;
- USCOLD- United States Committee on Large Dams;
- ACI- American Concrete Institute;
- International Symposiums on Roller Compacted Concrete;
- Water Power and Dam Construction

Neste item são citadas as referências relevantes, como segue:

- [01] ANDRIOLI. F.R.- “**RCC Brazilian Practices**”- Editora Oficina de Textos- São Paulo- 2002
- [02] ANDRIOLI, F. R.; BETIOLI, I.; SCANDIUZZI, L.- “**Concreto Adensado com Rolo Vibratório**”, in: Proceedings of the XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Rio de Janeiro, Brazil, April/1980.
- [03] CARVALHO, L. H.; REZENDE, S.; HOLANDA, F.G.- “**Barragem do Acauã- Otimização do Projeto com o Emprego do Concreto Compactado-CCR**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [04] ANDRIOLI, F.R.- “**Comparações de Características e Propriedades de Concreto Rolado, Aplicado no Brasil e em outros Países**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [05] ANDRIOLI, F.R. -“**Concreto Adensado com Rolo Vibratório: Sugestões para Projeto e Construção**”, in: Proceedings of the XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte, Brazil, November 1985;
- [06] ANDRIOLI, F. R.; GOTTARDO, G.; PEÑA D. F. - “**Uruguai : Uma Barragem em Concreto Rolado**”, in: Proceedings of the XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Brasília, Brazil, August 1987;
- [07] ANDRADE, W. P.; Fontoura, J. T. F.; BITTENCOURT, R. M.; GUERRA, E. A.- “**Estudos de Laboratório para Concreto Compactado com Rolo Vibratório, com Alto Teor de Pozolana**”, in: Proceedings of the XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Brasília, Brazil, August 1987;
- [08] ANDRADE, PACELLI de, W. "Discussions; Brazilian Experiences in Roller Compacted Concrete", in: Transactions, Sixteenth International Congress on Large Dams Q62. San Francisco, June 1988. vol. III;
- [09] QUIN, J. T.; REZENDS, S. P. and SCHRADER, E. K.- “**Saco Dam - South America's First RCC Dam**”, in: Roller Compacted Concrete II. Proceedings of the RCC Specialty Conference San Diego, California. ASCE. New York, March 1988.
- [10] ZANELLA, MARIO RAUL; BRAGA, JOSÉ AUGUSTO; ROSARIO, LUIZ CESAR; AYALA, ADALBERTO G. CHENU; ANDRIOLI, FRANCISCO R.; GOLIK, MIGUEL. -“**Concreto Rolado – Ensaios Especiais**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;
- [11] GOLIK, MIGUEL A.; ANDRIOLI, FRANCISCO R. - “**Urugua-i (C.C.R.) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

57

- [12] BRAGA, JOSÉ AUGUSTO; ROSARIO, LUIZ CESAR; DUARTE, JOSÉ D. CARRERAS; LACERDA, SAULO SILVA. - “**Utilização de Finos - Subproduto de Britagem nos Concretos Rolado e Convencional**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;
- [13] ANDRIOLI, F. R. -“**General Report - TEMA I**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;
- [14] REZENDE, PAULO FERNANDO VIEIRA SOUTO.- “**Concreto Compactado a Rolo, Alternativa de Projeto Viável ou Não?**”, in: Proceedings of the XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brazil, April 1989;
- [15] ANDRIOLI, F.R. – “**Contribuições para o Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado**”- Editora Graphos- Barber Greene do Brasil- 1989.
- [16] BRAGA, J. A.; ZANELLA, M. R.; ZALESKI, J. M.; ANDRIOLI, F. R.- “**Uso do Concreto Rolado - Projeto Capanda (Angola) - Ensaios Especiais**”, in: Proceedings of the XIX Seminário Nacional de Grandes de Barragens. Aracaju, Brazil, March 1991;
- [17] ANDRIOLI, F. R. and SCHMIDT, M. T.- “**The Capanda RCC dam in Angola**”, in: International Water Power & Dam Construction. United Kingdom, February 1992. vol. 44, nº 2;
- [18] SCHMIDT, M. T.; CHAGAS, L. R.; ANDRIOLI, F. R.- “**RCC: A Construction Technique with Economic and Planning Advantages (Staged Construction)**”, in: Proceedings of the XVIII ICOLD Congress of large Dams. Durban, South Africa, November 1994.
- [19] ANDRIOLI, F. R.- “**RCC Properties**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.
- [20] KREMPPEL, A. F; ANDRIOLI, F. R.- “**High Paste Content and Low Cement Mixes, Finely Crushed Rock, Specific Gravity, Compacting Ratio, Low Cost... Discussions and Values Obtained**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.
- [21] KREMPPEL, A. F.; ANDRIOLI, F. R. -“**The Use of Basaltic Crushed Powder Filler in the RCC**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.
- [22] OLIVEIRA, P. J.; SALLES, F. M.; ANDRIOLI, F. R. -“**Crushed Powder Filler. The Use on RCC and the Reduction of Expansion due to the Alkali-Aggregate Reaction**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995.
- [23] BLINDER, S.; TONIATTI, N. B.; KREMPPEL, A. F.- “**RCC and CFR Dams - Costs Comparison**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995;
- [24] KAMEL, K. S. F.; BABÁ, L. J. N.; BLINDER, S.; RAUEN, J. - “**Selection Studies for Salto Caxias RCC dam**”, in: Proceedings of the International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams. Santander, Spain, October 1995;
- [25] BLINDER, SIMÃO; TONIATTI, NELSON BUHR; KREMPPEL, ANTONIO FERNANDO.- “**CCR X EFC Comparativo de Custos**”, in: Proceedings of The I Simpósio de Obras em Concreto Compactado Com Rolo. São Paulo, Brazil, April 1995;
- [26] SARKARIA, G. S.; ANDRIOLI, F. R. - “**Special Factors in Design of High RCC Gravity Dams**”, in: International Water Power & Dam Construction. April/August 1995.

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

58

- [27] ANDRADE, WALTON PACELLI DE; ANDRIOLI, FRANCISCO RODRIGUES. -“**Barragens em CCR - Sistemas de Impermeabilização: Discussões, Sugestões e Uso**”, in: Proceedings of the II Simpósio Nacional de Concreto Compactado a Rolo. Curitiba, Brazil, March 1996;
- [28] ANDRIOLI, F.R; BLINDER,S.; KREMPEL, A.F.-“**Comparação de Custos do CCR a Partir de Vários Projetos**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998; ;
- [29] LEVIS,P.; MAGNAVACA,R.; MUSSI,J.M.; KAMEL,K.F.S.; BABÁ, L.J.N.- “**Esquema de Desvio do Rio Iguaçu da Usina de Salto Caxias e Ocorrência de Galgamentos Programados da Barragem**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [30] LUIZ FEMANDO P OLIVEIRA, DOUGLAS EMERSON MOSER, JORGE MURAD P MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Barragem de CCR Salto Caxias - Controle de Qualidade dos Materiais e do CCR**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [31] LUIZ FEMANDO R OLIVEIRA, JORGE MURAD P MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI – “**Controle da Compactação Durante a Construção das Barragens de CCR de Jordão e Salto Caxias**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [32] ANTÔNIO RODRIGUES GALLEGOS, JOSÉ GONÇALVES JR, MOACIR ALEXANDRE DE SOUZA DE ANDRADE, ROGÉRIO SALES GÓZ, RUBENS MACHADO BITTENCOURT, WALTON PIACELLI DE ANDRADE- “**Equipamentos para Executar Pista Experimental de Concreto Compactado com Rolo em Laboratório**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [33] GUILHERME LEROY, JÚLIO CÉSAR BORGES, MAURICE ANTOINE TRABOULSI, RICARDO LEAL FERNANDES- “**Laboratório para Estudos de Concreto Compactado com Rolo**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [34] CLÁUDIA HENRIQUE DE CASTRO, JOSÉ FRANCISCO FARAGE DO NASCIMENTO, JOSÉ TOMAZ FRANÇA FONTOURA, RODOLFO DE SOUZA PINTO-“**Estudos da Eficiência da Argamassa de Ligação entre Camadas de Concreto Compactado com Rolo**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [35] WALTON ANDRADE PACEILI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI-“**Dosagem do CCR: Alta Pasta?; RCD?; Pobre? Ou Adequado Teor de Finos?**” , in Proceedings of the III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo-Foz do Iguaçu, PR, Brazil, November, 1998;
- [36] FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**The Use of Roller Compacted Concrete**” –Editora Oficina de Textos, São Paulo, Novembro, 1998
- [37] WALTON PACELLI DE ANDRADE, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**RCC Mix Proportioning: High Paste, RCD, Lean or Adequate Fines Content?**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;
- [38] LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA, DOUGLAS EMERSON MOSER, JORGE MURAD P. MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Salto Caxias RCC Dam- Materials and RCC Quality Control**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;
- [39] WALTON PACELLI DE ANDRADE, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**RCC Dams- Impervious Systems: Discussions, Suggestion and Usage**” , in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

59

- [40] LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA, JORGE MURAD P. MUSSI, FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI- “**Compaction Control During the Construction of Jordão and Salto Caxias Dam**”, in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;
- [41] ANTONIO FERNANDO KREMPEL, LUIZ FERNANDO P. OLIVEIRA- “**Salto Caxias Project- Upstream Face Construction**”, in: Proceedings of the RCC'99 Symposium on Roller Compacted Concrete – Chengdu- China- April 1999;
- [42] ELIZABETH LEOPOLDINA BATISTA, NEWTON GOULART GRAÇA, RUBENS MACHADO BITTENCOURT, WALTON PACELLI DE ANDRADE- “**Primeira Experiência Brasileira com Execução de Concreto Compactado com Rolo Rampado em Lajeado**” – XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens- CBDB- Fortaleza- Brasil-2001
- [43] MARCELO DE SOUZA PICANÇO<sup>I</sup>; RÔMULO SIMÕES ANGÉLICA<sup>II</sup>; MÁRCIO SANTOS BARATA- “**Pozzolanic activity of zeolite-bearing sandstone from Northeast Brazil**” - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará- 2011
- [44] JORGE KAZUO YAMAMOTO- “**Prospecção e caracterização tecnológica de Basaltos Pozolânicos na borda leste da Bacia do Paraná**” Instituto de Geociências (IGC). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP, Brasil-31 de maio de 2006
- [45] TAVARES, M.A.; ORIGA, M. A.; FONTOURA, J.T.F.; HOLANDA, E. R.; PACELLI, W.A.; ANDRIOLI, F.R- “**CAPANDA - RCC DAM - 12 YEARS QUALITY CONTROL DATA**”- Proceedings of the Fourth International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams 17-19 November 2003, Madrid, Spain;
- [46]- MAURICE ANTOINE TRABOULSI- Dissertação de Mestrado- “**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE JUNTAS DE CCR COM ALTO TEOR DE FINOS**”- PPGEC/ UFRGS= Porto Alegre- 2007

## 12- AGRADECIMENTOS

Este texto foi desenvolvido sob os auspícios do CBDB-Comitê Brasileiro de Barragens, pelo Eng. Francisco Rodrigues Andriolo.

Várias contribuições foram dadas pelos seguintes profissionais e empresas:

Brasil Pinheiro Machado	INTERTECHNE Consultores S.A. e <b>Presidente CBDB</b>
Antonio Fernando Krempel	INTERTECHNE Consultores S.A.
Lourenço Justiniano Naotake Babá	INTERTECHNE Consultores S.A.
Elizabeth Aparecida Buba	INTERTECHNE Consultores S.A.
José Eduardo Moreira	PCE-Projetos e Consultorias de Engenharia
Libério Alves	PCE-Projetos e Consultorias de Engenharia
Margaret Rose Mendes Fernandes	DESENVIX Energias Renováveis S.A.
Maurice Antoine Traboulsi	FURNAS- ELETROBRÁS
José Augusto Braga	Consultor-Grupo Camargo Corrêa
José Roberto Brandão	Odebrecht
Walton Pacelli de Andrade	Consultor
Marcelo Protz	Consultor
Pedro Augusto Cassimiro de Araujo	Consultor
Ideval Betioli	Consultor
Francilino Fernandes Netto	Consultor
Corrado Piassentin	Consultor

## **ANEXO I- BARRAGENS BRASILEIRAS DE CCR**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

62

	<b>Nome</b>	<b>14 de Julho</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2006	
Data de Término	2008	
Altura (m)	33	
Crista (m)	362	
CVC (m <sup>3</sup> )	89.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	23.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12 to 15	
	<b>Nome</b>	<b>Acauã</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1993	
Data de Término	1995	
Altura (m)	79	
Crista (m)	674	
CVC (m <sup>3</sup> )	60.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	674.000	
Tipo de Cimento	Portland Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8	
	<b>Nome</b>	<b>Água Limpa</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2011	
Data de Término	2012	
Altura (m)	34	
Crista (m)	65	
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )	42.000	
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Alto Iraí</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2007	
Data de Término	2008	
Altura (m)	41	
Crista (m)	243	
CVC (m <sup>3</sup> )	5.700	
CCR (m <sup>3</sup> )	13.900	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

63

	<b>Nome</b>	<b>Angelina</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2009
	Altura (m)	45
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Areia Branca</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2008
	Data de Término	2009
	Altura (m)	28
	Crista (m)	257
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Arvoredo</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2010
	Altura (m)	37
	Crista (m)	245
	CVC (m <sup>3</sup> )	28.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	53.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	18	
	<b>Nome</b>	<b>Bandeira de Melo</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2003
	Data de Término	2005
	Altura (m)	20
	Crista (m)	320
	CVC (m <sup>3</sup> )	27.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	75.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12 to 17	

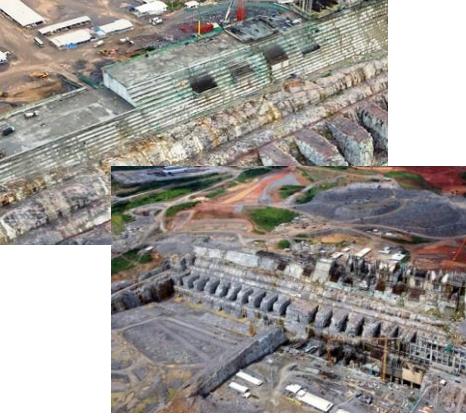
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

64

		<b>Nome</b>	<b>Barra dos Coqueiros</b>
Objetivo	Hidrelétrica		
Data de Início	2008		
Data de Término	2009		
Altura (m)	60		
Crista (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )	110.000		
CCR (m <sup>3</sup> )	172.000		
Tipo de Cimento	Port. Poz.		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )			
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	20		
		<b>Nome</b>	<b>Barra do Rio Chapéu</b>
Objetivo	Abastecimento		
Data de Início	2012		
Data de Término	2013		
Altura (m)	21		
Crista (m)			
CVC (m <sup>3</sup> )			
CCR (m <sup>3</sup> )			
Tipo de Cimento			
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )			
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )			
Finos na Areia (<0,075mm) (%)			
		<b>Nome</b>	<b>Belo Jardim</b>
Objetivo	Abastecimento		
Data de Início	1995		
Data de Término	1997		
Altura (m)	56		
Crista (m)	420		
CVC (m <sup>3</sup> )	12.000		
CCR (m <sup>3</sup> )	113.000		
Tipo de Cimento	Port. Poz.		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )			
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	15		
		<b>Nome</b>	<b>Belo Monte</b>
Objetivo	Hidrelétrica		
Data de Início	2013		
Data de Término	Em Construção		
Altura (m)	39		
Crista (m)	785		
CVC (m <sup>3</sup> )	2.145.000		
CCR (m <sup>3</sup> )	630.000		
Tipo de Cimento	OPC		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	Fly Ash		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	7		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

65

	<b>Nome</b>	<b>Bertarelo</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1998	
Data de Término	1999	
Altura (m)	29	
Crista (m)	219	
CVC (m <sup>3</sup> )	35.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	80.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12 to 16	
	<b>Nome</b>	<b>Cachoeira Grande</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	2004	
Data de Término	2005	
Altura (m)	15	
Crista (m)	207	
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Cachoeirão</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2007	
Data de Término	2008	
Altura (m)	23	
Crista (m)	90	
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Caçu</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2007	
Data de Término	2008	
Altura (m)	38	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )	86.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	32.000	
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

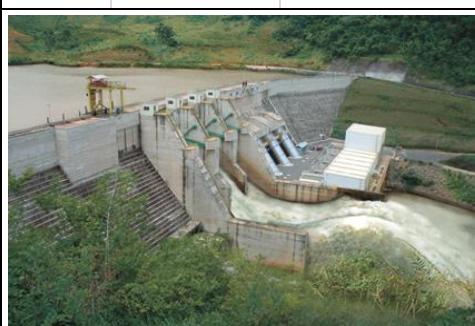
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

66

	<b>Nome</b>	<b>Cajú</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2010
	Altura (m)	16
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Camará</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	1998
	Data de Término	1999
	Altura (m)	56
	Crista (m)	296
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Cana Brava</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	1999
	Data de Término	2001
	Altura (m)	71
	Crista (m)	454
	CVC (m <sup>3</sup> )	306.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	527.000
	Tipo de Cimento	Port.B.F.S.C
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	Slag	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	16 to 20	
	<b>Nome</b>	<b>Candonga</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2001
	Data de Término	2003
	Altura (m)	53
	Crista (m)	382
	CVC (m <sup>3</sup> )	120.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	240.000
	Tipo de Cimento	Port. B.F.S.C
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	slag	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	7 to 15	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

67

	<b>Nome</b>	<b>Canoas</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1995	
Data de Término	1997	
Altura (m)	51	
Crista (m)	116	
CVC (m <sup>3</sup> )	6.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	87.000	
Tipo de Cimento	Pot. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	5	
	<b>Nome</b>	<b>Caraíbas</b>
Objetivo	Irrigação	
Data de Início	1990	
Data de Término	1991	
Altura (m)	26	
Crista (m)	160	
CVC (m <sup>3</sup> )	4.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	18.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8 to 10	
	<b>Nome</b>	<b>Castanhão</b>
Objetivo	Múltiplo	
Data de Início	1999	
Data de Término	2001	
Altura (m)	85	
Crista (m)	668	
CVC (m <sup>3</sup> )	140.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	890.000	
Tipo de Cimento	OPC	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	7 to 10	
	<b>Nome</b>	<b>Castro Alves</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2006	
Data de Término	2007	
Altura (m)	48	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )	200.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	15	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

68

	<b>Nome</b>	<b>Boa Fé</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2010	
Data de Término	2011	
Altura (m)	26	
Crista (m)	198	
CVC (m <sup>3</sup> )	26.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	32.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	82	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

	<b>Nome</b>	<b>Cotiporã</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2007	
Data de Término	2007	
Altura (m)	16	
Crista (m)	196	
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	21.000	
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Port. Poz.	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12	

	<b>Nome</b>	<b>Cova da Mandioca</b>
Objetivo	Irrigação	
Data de Início	1993	
Data de Término	1994	
Altura (m)	35	
Crista (m)	360	
CVC (m <sup>3</sup> )	4.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	75.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	7 to 14	

	<b>Nome</b>	<b>Cristalândia</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	2007	
Data de Término	2008	
Altura (m)	28	
Crista (m)	448	
CVC (m <sup>3</sup> )	7.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	60.500	
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

69

	<b>Criúva</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2008
Data de Término	2009
Altura (m)	48
Crista (m)	246
CVC (m <sup>3</sup> )	15.000
CCR (m <sup>3</sup> )	80.000
Tipo de Cimento	Pot.Poz
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	14
	<b>Dona Francisca</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	1998
Data de Término	2000
Altura (m)	63
Crista (m)	670
CVC (m <sup>3</sup> )	180.000
CCR (m <sup>3</sup> )	485.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12 to 15
	<b>Ernesto Dreher</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2008
Data de Término	2009
Altura (m)	23
Crista (m)	220
CVC (m <sup>3</sup> )	6.000
CCR (m <sup>3</sup> )	29.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	14
	<b>Esmeralda</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2005
Data de Término	2006
Altura (m)	15
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	12.000
CCR (m <sup>3</sup> )	15.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

70

		<b>Nome</b>	<b>Estreito</b>
Objetivo	Múltiplo	Nome	<b>Estreito</b>
Data de Início	1995	Objetivo	Múltiplo
Data de Término	1996	Data de Início	1995
Altura (m)	26	Data de Término	1996
Crista (m)	300	Altura (m)	26
CVC (m <sup>3</sup> )	2.000	Crista (m)	300
CCR (m <sup>3</sup> )	12.000	CVC (m <sup>3</sup> )	2.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.	CCR (m <sup>3</sup> )	12.000
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	Tipo de Cimento	Port. Poz.
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10
		<b>Nome</b>	<b>Flor do Sertão</b>
Objetivo	Abastecimento	Nome	<b>Flor do Sertão</b>
Data de Início	2005	Objetivo	Abastecimento
Data de Término	2006	Data de Início	2005
Altura (m)	19	Data de Término	2006
Crista (m)	245	Altura (m)	19
CVC (m <sup>3</sup> )		Crista (m)	245
CCR (m <sup>3</sup> )		CVC (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento		CCR (m <sup>3</sup> )	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		Tipo de Cimento	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
		<b>Nome</b>	<b>Fortuna</b>
Objetivo	Hidrelétrica	Nome	<b>Fortuna</b>
Data de Início	2011	Objetivo	Hidrelétrica
Data de Término	2012	Data de Início	2011
Altura (m)		Data de Término	2012
Crista (m)		Altura (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )		Crista (m)	
CCR (m <sup>3</sup> )		CVC (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento		CCR (m <sup>3</sup> )	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		Tipo de Cimento	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
		<b>Nome</b>	<b>Fundão</b>
Objetivo	Hidrelétrica	Nome	<b>Fundão</b>
Data de Início	2005	Objetivo	Hidrelétrica
Data de Término	2006	Data de Início	2005
Altura (m)	43	Data de Término	2006
Crista (m)	445	Altura (m)	43
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000	Crista (m)	445
CCR (m <sup>3</sup> )	200.000	CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
Tipo de Cimento	Pot. Poz.	CCR (m <sup>3</sup> )	200.000
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	Tipo de Cimento	Pot. Poz.
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10 to 15	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10 to 15

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

71

	<b>Nome</b>	<b>Funil</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2008
	Altura (m)	50
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

	<b>Nome</b>	<b>Furquim</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2000
	Data de Término	2002
	Altura (m)	18
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

	<b>Nome</b>	<b>Gameleira</b>
	Objetivo	Múltiplo
	Data de Início	1990
	Data de Término	1991
	Altura (m)	29
	Crista (m)	150
	CVC (m <sup>3</sup> )	2.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	27.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	65
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	5 to 10

	<b>Nome</b>	<b>Guilman Amorin</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	1995
	Data de Término	1997
	Altura (m)	32
	Crista (m)	499
	CVC (m <sup>3</sup> )	27.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	85.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

72

	<b>Nome</b>	<b>Henrique Kotzian</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2008
	Altura (m)	42
	Crista (m)	107
	CVC (m <sup>3</sup> )	18.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	58.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	15	
	<b>Nome</b>	<b>Ibirama</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2010
	Altura (m)	15
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Igarapeba</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2014
	Data de Término	2015
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Ilha</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2007
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	30.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	46.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10	

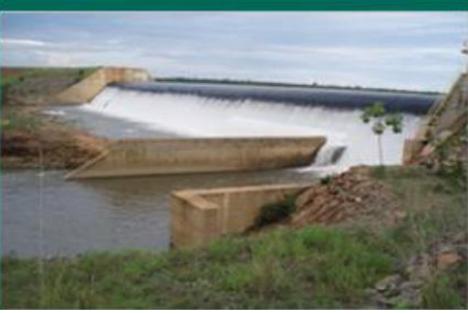
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

73

	<b>Nome</b>	<b>Ipiranga</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2011
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Itaipu</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	1976
	Data de Término	1982
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	OPC
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	91
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	26 Fly Ash
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	4
	<b>Nome</b>	<b>Itiquira</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2000
	Data de Término	2002
	Altura (m)	15
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	22.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Jararáca</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2007
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	30.200
	CCR (m <sup>3</sup> )	30.700
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	11
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

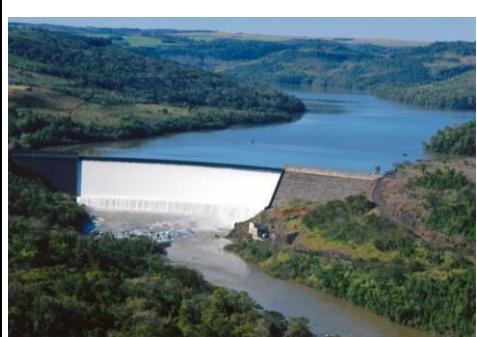
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

74

	<b>Nome</b>	<b>Jataí</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2006
	Data de Término	2008
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	45.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>João Borges</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2012
	Data de Término	2913
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>João Leite</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2003
	Data de Término	2004
	Altura (m)	55
	Crista (m)	380
	CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	270.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8
	<b>Nome</b>	<b>Jordão</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	1994
	Data de Término	1995

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

75

	<b>Nome</b>	<b>Juba 4</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2015	
Data de Término		
Altura (m)		
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Juba I</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	1994	
Data de Término	1995	
Altura (m)	21	
Crista (m)	238	
CVC (m <sup>3</sup> )	17.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	96.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Juba II</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	1994	
Data de Término	1995	
Altura (m)	21	
Crista (m)	250	
CVC (m <sup>3</sup> )	9.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	105.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Jubinha</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2015	
Data de Término		
Altura (m)		
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

76

	<b>Nome</b>	<b>Jucazinho</b>
	Objetivo	Múltiplo
	Data de Início	1998
	Data de Término	2000
	Altura (m)	63
	Crista (m)	442
	CVC (m <sup>3</sup> )	28.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	442.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12 to 16	
	<b>Nome</b>	<b>Lajeado</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	1998
	Data de Término	2001
	Altura (m)	43
	Crista (m)	2.100
	CVC (m <sup>3</sup> )	910.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	210.000
	Tipo de Cimento	Port. Slag
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	Slag	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12	
	<b>Nome</b>	<b>Lavrinha</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2010
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	85.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Linha Emilia</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2007
	Altura (m)	30
	Crista (m)	205
	CVC (m <sup>3</sup> )	19.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	35.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	12	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

77

		<b>Nome</b>	<b>Ludesa</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2006	
	Data de Término	2007	
	Altura (m)	25	
	Crista (m)	300	
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Major Gercino</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2005	
	Data de Término	2006	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Malhada das Pedras</b>
	Objetivo	Múltiplo	
	Data de Início	2000	
	Data de Término	2002	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )	12.000	
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Maranguapinho</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	2010	
	Data de Término	2012	
	Altura (m)		
	Crista (m)	2.198	
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

78

	<b>Nome</b>	<b>Marco Balbo</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2010
	Data de Término	2010
	Altura (m)	30
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	31.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	42.000
	Tipo de Cimento	OPC
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	95
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia	14
	(<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Marrecas</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2012
	Data de Término	2013
	Altura (m)	35
	Crista (m)	430
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia	
	(<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Mata Velha</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2014
	Data de Término	2015
	Altura (m)	30
	Crista (m)	180
	CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	45.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia	16
	(<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Mauá</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2010
	Data de Término	2012
	Altura (m)	85
	Crista (m)	745
	CVC (m <sup>3</sup> )	120.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	633.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia	12 to 15
	(<0,075mm) (%)	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

79

		<b>Nome</b>	<b>Moinho</b>
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data de Início	2009
		Data de Término	2011
		Altura (m)	19
		Crista (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	16.000
		CCR (m <sup>3</sup> )	9.000
		Tipo de Cimento	
		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85
		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	16
		<b>Nome</b>	<b>Autódromo</b>
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data de Início	2010
		Data de Término	2011
		Altura (m)	23
		Crista (m)	200
		CVC (m <sup>3</sup> )	26.000
		CCR (m <sup>3</sup> )	21.000
		Tipo de Cimento	Port. Poz.
		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	84
		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
		<b>Nome</b>	<b>Monte Claro</b>
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data de Início	2003
		Data de Término	2004
		Altura (m)	36
		Crista (m)	180
		CVC (m <sup>3</sup> )	31.000
		CCR (m <sup>3</sup> )	35.000
		Tipo de Cimento	Port. Poz.
		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
		<b>Nome</b>	<b>Mosquitão</b>
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data de Início	2005
		Data de Término	2006
		Altura (m)	25
		Crista (m)	236
		CVC (m <sup>3</sup> )	19.000
		CCR (m <sup>3</sup> )	57.000
		Tipo de Cimento	
		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
		Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

80

		<b>Nome</b>	<b>Negreiros</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	Em Construção	
	Data de Término		
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Nilo Bonfanti</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2009	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Ninho da Águia</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2009	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Ouro</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2010	
	Data de Término	2012	
	Altura (m)	16	
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

	<b>Nome</b>	<b>Palanquinho</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2009	
Data de Término	2010	
Altura (m)	50	
Crista (m)	137	
CVC (m <sup>3</sup> )	14.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	89.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	16	
	<b>Nome</b>	<b>Parisoto</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2014	
Data de Término	Em Construção	
Altura (m)		
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Passagem de Trairas</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1994	
Data de Término	1995	
Altura (m)	25	
Crista (m)	440	
CVC (m <sup>3</sup> )	1.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	27.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Passos Maia</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2010	
Data de Término	2011	
Altura (m)	24	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )	66.000	
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	16	

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

82

	<b>Pedra do Garrafão</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2007
Data de Término	2008
Altura (m)	15
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Pedras Altas</b>
Nome	
Objetivo	Abastecimento
Data de Início	2000
Data de Término	2001
Altura (m)	24
Crista (m)	1090
CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
CCR (m <sup>3</sup> )	172.000
Tipo de Cimento	BFSLC
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	75
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8
	<b>Peixe Angical</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2000
Data de Término	2002
Altura (m)	40
Crista (m)	400
CVC (m <sup>3</sup> )	82.000
CCR (m <sup>3</sup> )	500.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10 to 15
	<b>Pesqueiro</b>
Nome	
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2001
Data de Término	2002
Altura (m)	
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

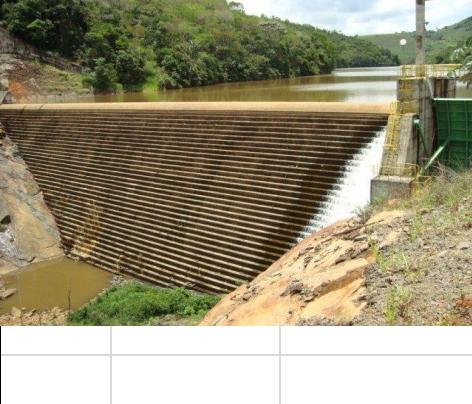
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

83

		<b>Nome</b>	<b>Pezzi</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2012	
	Data de Término	2012	
	Altura (m)	29	
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )	36.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	44.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	95	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	14	
	<b>Nome</b>	<b>Picada</b>	
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2003	
	Data de Término	2005	
	Altura (m)	33	
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>Pindobaçu</b>	
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	2004	
	Data de Término	2005	
	Altura (m)	44	
	Crista (m)	210	
	CVC (m <sup>3</sup> )	10.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	75.000	
	Tipo de Cimento	Port.Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10	
	<b>Nome</b>	<b>Pipoca</b>	
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2009	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

84

	<b>Nome</b>	<b>Pirapama</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2000
	Data de Término	2001
	Altura (m)	42
	Crista (m)	300
	CVC (m <sup>3</sup> )	50.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	87.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
	<b>Nome</b>	<b>Pirapetinga</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2008
	Altura (m)	7
	Crista (m)	111
	CVC (m <sup>3</sup> )	12.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	4.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	<b>Nome</b>	<b>Plano Alto</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2007
	Altura (m)	38
	Crista (m)	172
	CVC (m <sup>3</sup> )	36.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	42.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
	<b>Nome</b>	<b>Poço Marrua</b>
	Objetivo	Abastecimento
	Data de Início	2010
	Data de Término	2011
	Altura (m)	47
	Crista (m)	870
	CVC (m <sup>3</sup> )	13.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	293.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

85

		<b>Ponto Novo</b>
Nome		<b>Ponto Novo</b>
Objetivo	Irrigação	
Data de Início	1998	
Data de Término	1999	
Altura (m)	32	
Crista (m)	266	
CVC (m <sup>3</sup> )	15.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	90.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10	
		<b>Rastro de Auto</b>
Nome		<b>Rastro de Auto</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2011	
Data de Término	2013	
Altura (m)	23	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Rio da Dona</b>
Nome		<b>Rio da Dona</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1997	
Data de Término	1998	
Altura (m)	12	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )	2.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	12.000	
Tipo de Cimento	Port. Poz.	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Rio da Prata</b>
Nome		<b>Rio da Prata</b>
Objetivo	Abastecimento	
Data de Início	1993	
Data de Término	1994	
Altura (m)	26	
Crista (m)	405	
CVC (m <sup>3</sup> )	14.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	61.000	
Tipo de Cimento	OPC	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

		<b>Rio do Peixe</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	1996	
Data de Término	1997	
Altura (m)	25	
Crista (m)	300	
CVC (m <sup>3</sup> )	14.000	
CCR (m <sup>3</sup> )	20.000	
Tipo de Cimento	OPC	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8%	

		<b>Rio São Bento</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2000	
Data de Término	2002	
Altura (m)		
Crista (m)	461	
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

		<b>Rodeio Bonito</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2012	
Data de Término	2013	
Altura (m)	29	
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

		<b>Rondinha</b>
Objetivo	Hidrelétrica	
Data de Início	2012	
Data de Término	2014	
Altura (m)		
Crista (m)		
CVC (m <sup>3</sup> )		
CCR (m <sup>3</sup> )		
Tipo de Cimento		
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

## **Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

87

		<b>Nome</b>	<b>Rondon II</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2008	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)		
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia		
	(<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Rosal</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	1998	
	Data de Término	1999	
	Altura (m)	37	
	Crista (m)	212	
	CVC (m <sup>3</sup> )	30.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	45.000	
	Tipo de Cimento	Port. Slag	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	Slag	
	Finos na Areia		
	(<0,075mm) (%)	8 to 9	
		<b>Nome</b>	<b>Saco Nova Olinda</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	1985	
	Data de Término	1986	
	Altura (m)	56	
	Crista (m)	230	
	CVC (m <sup>3</sup> )	11.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	132.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia		
	(<0,075mm) (%)	15	
		<b>Nome</b>	<b>Salto</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2007	
	Data de Término	2009	
	Altura (m)	42	
	Crista (m)		
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia		
	(<0,075mm) (%)		

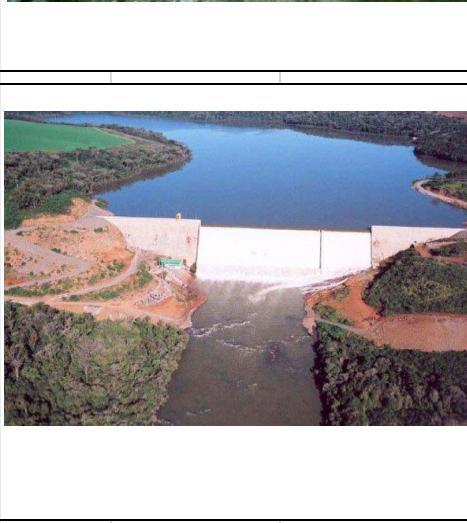
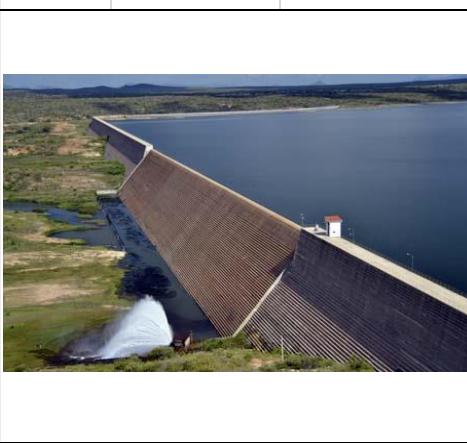
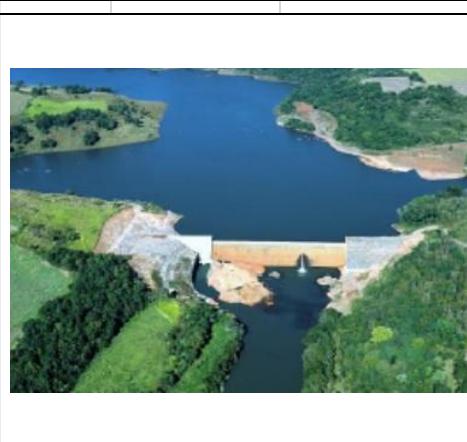
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

88

	<b>Nome</b> <b>Salto Caxias</b> Objetivo Hidrelétrica Data de Início 1996 Data de Término 1998 Altura (m) 68 Crista (m) 1.080 CVC (m <sup>3</sup> ) 528.000 CCR (m <sup>3</sup> ) 945.000 Tipo de Cimento Port. Poz. Cimento (kg/m <sup>3</sup> ) 80 Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> ) Finos na Areia 12 to 15 (<0,075mm) (%) 
	<b>Nome</b> <b>Santa Clara</b> Objetivo Hidrelétrica Data de Início 2003 Data de Término 2005 Altura (m) 67 Crista (m) 620 CVC (m <sup>3</sup> ) 76.000 CCR (m <sup>3</sup> ) 530.000 Tipo de Cimento Port.Slag Cimento (kg/m <sup>3</sup> ) 90 Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> ) Slag Finos na Areia 9 (<0,075mm) (%) 
	<b>Nome</b> <b>Santa Cruz do Apodi</b> Objetivo Múltiplo Data de Início 1999 Data de Término 2001 Altura (m) 57,5 Crista (m) 1660 CVC (m <sup>3</sup> ) 10.000 CCR (m <sup>3</sup> ) 1.023.000 Tipo de Cimento OPC Cimento (kg/m <sup>3</sup> ) 80 Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> ) Finos na Areia 18 (<0,075mm) (%) 
	<b>Nome</b> <b>Santa Laura</b> Objetivo Hidrelétrica Data de Início 2006 Data de Término 2008 Altura (m) 27 Crista (m) CVC (m <sup>3</sup> ) 13.000 CCR (m <sup>3</sup> ) 24.000 Tipo de Cimento Cimento (kg/m <sup>3</sup> ) 90 Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> ) Finos na Areia 17 (<0,075mm) (%) 

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

89

	<b>Nome</b>	<b>Santa Rosa</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2006
	Data de Término	2008
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Santo Antonio</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2010
	Data de Término	2011
	Altura (m)	44
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	23.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	37.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	9
	<b>Nome</b>	<b>Santo Antonio do Jari</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2012
	Data de Término	2013
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	272.00
	CCR (m <sup>3</sup> )	108.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	110
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	16
	<b>Nome</b>	<b>São Bernardo</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2004
	Data de Término	2005

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

90

	<b>Nome</b>	<b>São Gonçalo</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2009
	Data de Término	2010
	Altura (m)	23
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	14.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	14.000
	Tipo de Cimento	Port.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	85
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia	15	
(<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>São José</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2008
	Data de Término	2009
	Altura (m)	
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia		
(<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>São Pedro</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2009
	Altura (m)	30
	Crista (m)	140
	CVC (m <sup>3</sup> )	13.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	22.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia	11	
(<0,075mm) (%)		
	<b>Nome</b>	<b>São Roque</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2012
	Data de Término	Em Construção
	Altura (m)	60
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
Finos na Areia		
(<0,075mm) (%)		

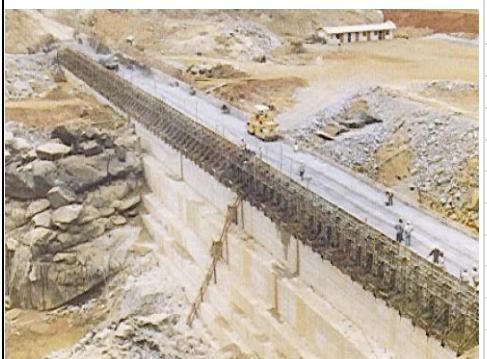
**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS**  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

91

	<b>Nome</b>	<b>São Sebastião do Alto</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2010
	Data de Término	2011
	Altura (m)	40
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	24.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	51.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>São Simão</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2008
	Altura (m)	56
	Crista (m)	187
	CVC (m <sup>3</sup> )	23.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	92.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	11
	<b>Nome</b>	<b>Serra da Mesa</b>
	Objetivo	Ensecadeira
	Data de Início	1989
	Data de Término	1989
	Altura (m)	22
	Crista (m)	
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	28.600
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	60
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	133 Slag
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	
	<b>Nome</b>	<b>Serra do Facão</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2003
	Data de Término	2005
	Altura (m)	80
	Crista (m)	326
	CVC (m <sup>3</sup> )	80.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	610.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

92

		<b>Nome</b>	<b>Serra dos Cavalinhos II</b>
Objetivo	Hidrelétrica	Data de Início	2012
Data de Término	2012	Altura (m)	35
Crista (m)	123	CVC (m <sup>3</sup> )	47.000
CCR (m <sup>3</sup> )	33.000	Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	15		
		<b>Nome</b>	<b>Serra Preta</b>
Objetivo	Abastecimento	Data de Início	2005
Data de Término	2007	Altura (m)	35
Crista (m)	165	CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )		Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)	13		
		<b>Nome</b>	<b>Serro Azul</b>
Objetivo	Abastecimento	Data de Início	2013
Data de Término	2014	Altura (m)	73
Crista (m)	1.015	CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )		Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)			
		<b>Nome</b>	<b>Simplício</b>
Objetivo	Hidrelétrica	Data de Início	2009
Data de Término	2010	Altura (m)	30
Crista (m)	260	CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )		Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia (<0,075mm) (%)			

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

93

<b>Nome</b>	<b>Sinop</b>
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2014
Data de Término	Em Construção
Altura (m)	
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia	
(<0,075mm) (%)	
<b>Nome</b>	<b>Taquarembo</b>
Objetivo	Abastecimento
Data de Início	2010
Data de Término	2012
Altura (m)	33
Crista (m)	330
CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )	
Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia	
(<0,075mm) (%)	
<b>Nome</b>	<b>Teles Pires</b>
Objetivo	Hidrelétrica
Data de Início	2012
Data de Término	2014
Altura (m)	67
Crista (m)	360
CVC (m <sup>3</sup> )	520.000
CCR (m <sup>3</sup> )	500.000
Tipo de Cimento	Port. Poz.
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia	12
(<0,075mm) (%)	
<b>Nome</b>	<b>Três Marias</b>
Objetivo	Prot. Vertedouro
Data de Início	1996
Data de Término	1996
Altura (m)	
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	
CCR (m <sup>3</sup> )	14.600
Tipo de Cimento	
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
Finos na Areia	
(<0,075mm) (%)	

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

94

		<b>Nome</b>	<b>Tucurui</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	1998	
	Data de Término	2001 (I) 2005 (II)	
	Altura (m)	78	
	Crista (m)	1541	
	CVC (m <sup>3</sup> )	8.800.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	88.000	
	Tipo de Cimento	OPC	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	Natural	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8	
		<b>Nome</b>	<b>Umari</b>
	Objetivo	Múltiplo	
	Data de Início	2001	
	Data de Término	2002	
	Altura (m)	42	
	Crista (m)	2.308	
	CVC (m <sup>3</sup> )	5.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	655.000	
	Tipo de Cimento	OPC	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	18	
		<b>Nome</b>	<b>Val de Serra</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	1997	
	Data de Término	1998	
	Altura (m)	36,5	
	Crista (m)	675	
	CVC (m <sup>3</sup> )	26.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	69.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	90	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10 to 15	
		<b>Nome</b>	<b>Varzea Grande</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	1993	
	Data de Término	1995	
	Altura (m)	31	
	Crista (m)	135	
	CVC (m <sup>3</sup> )	2.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	19.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	70	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8	

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

95

		<b>Nome</b>	<b>Poço do Magro</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	2004	
	Data de Término	2005	
	Altura (m)	29	
	Crista (m)	540	
	CVC (m <sup>3</sup> )	10.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	54.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Gasparino</b>
	Objetivo	Abastecimento	
	Data de Início	2009	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)	28	
	Crista (m)	1000	
	CVC (m <sup>3</sup> )		
	CCR (m <sup>3</sup> )		
	Tipo de Cimento		
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )		
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		
		<b>Nome</b>	<b>Santa Clara</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2009	
	Data de Término	2010	
	Altura (m)	60	
	Crista (m)	354	
	CVC (m <sup>3</sup> )	75.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	170.000	
	Tipo de Cimento	Port.Slag	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	BFS	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	8	
		<b>Nome</b>	<b>Garibaldi</b>
	Objetivo	Hidrelétrica	
	Data de Início	2012	
	Data de Término	2013	
	Altura (m)	40	
	Crista (m)	490	
	CVC (m <sup>3</sup> )	118.000	
	CCR (m <sup>3</sup> )	264.000	
	Tipo de Cimento	Port. Poz.	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	80	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )		
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)		

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

**Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015**

96

		<b>Pelo Sinal</b>
		Objetivo Abastecimento Data de Início 1992 Data de Término 1993 Altura (m) 34 Crista (m) 296 CVC (m³) 20.000 CCR (m³) 69.000 Tipo de Cimento Port. Poz. Cimento (kg/m³) 80 Material Poz. (kg/m³) Finos na Areia (<0,075mm) (%)
		<b>Barra Grande</b>
		Objetivo Hidrelétrica Data de Início 2001 Data de Término 2001 Altura (m) 31 Crista (m) 135 CVC (m³) CCR (m³) 10.000 Tipo de Cimento Port. Poz. Cimento (kg/m³) 110 Material Poz. (kg/m³) Finos na Areia (<0,075mm) (%) 8
		<b>Porto Primavera</b>
		Objetivo Prot. Talude Data de Início 2001 Data de Término 2001 Altura (m) 31 Crista (m) 135 CVC (m³) CCR (m³) 21.000 Tipo de Cimento Port. Poz. Cimento (kg/m³) 100 Material Poz. (kg/m³) Finos na Areia (<0,075mm) (%) 8
		<b>Corrente Grande</b>
		Objetivo Hidrelétrica Data de Início 2010 Data de Término 2010 Altura (m) 20 Crista (m) 110 CVC (m³) CCR (m³) Tipo de Cimento Port. Poz. Cimento (kg/m³) 100 Material Poz. (kg/m³) Finos na Areia (<0,075mm) (%) 11

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

97

	<b>Nome</b>	<b>Passo do Meio</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2008
	Data de Término	2009
	Altura (m)	35
	Crista (m)	110
	CVC (m <sup>3</sup> )	
	CCR (m <sup>3</sup> )	
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

	<b>Nome</b>	<b>Cristina</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2010
	Data de Término	2011
	Altura (m)	10
	Crista (m)	57
	CVC (m <sup>3</sup> )	8.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	9.000
	Tipo de Cimento	
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	

	<b>Nome</b>	<b>Mambai II</b>
	Objetivo	Hidrelétrica
	Data de Início	2007
	Data de Término	2007
	Altura (m)	12
	Crista (m)	84
	CVC (m <sup>3</sup> )	9.000
	CCR (m <sup>3</sup> )	20.000
	Tipo de Cimento	Port. Poz.
	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	100
	Material Poz. (kg/m <sup>3</sup> )	
	Finos na Areia (<0,075mm) (%)	10

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

## **ANEXO II – COOPERAÇÃO BRASILEIRA NO EXTERIOR.**

**Uma contribuição do**



**Comitê Brasileiro de Barragens**

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

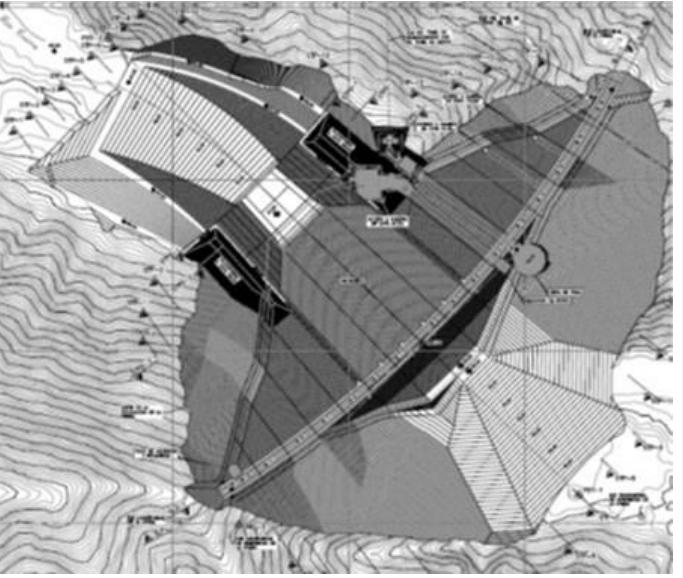
99

	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Nome	<b>Urugua-i</b>
		País	Argentina
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	1986
		Data Término	1989
		Altura (m)	72
		Crista (m)	687
		CVC (m <sup>3</sup> )	40.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	590.000
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	Itaipu
		Nome	<b>Capanda</b>
		País	Angola
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	1988
		Data Término	1994
		Altura (m)	110
		Crista (m)	1.470
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	CVC (m <sup>3</sup> )	450.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	760.000
		Projeto	
		Construtor	Odebrecht
		Consultor	Andriolo, Francisco/ Pacelli Walton/ Holanda, Francisco
		Laboratorio	Itaipu & Furnas
		Nome	<b>Laúca</b>
		País	Angola
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	2013

Uma contribuição do



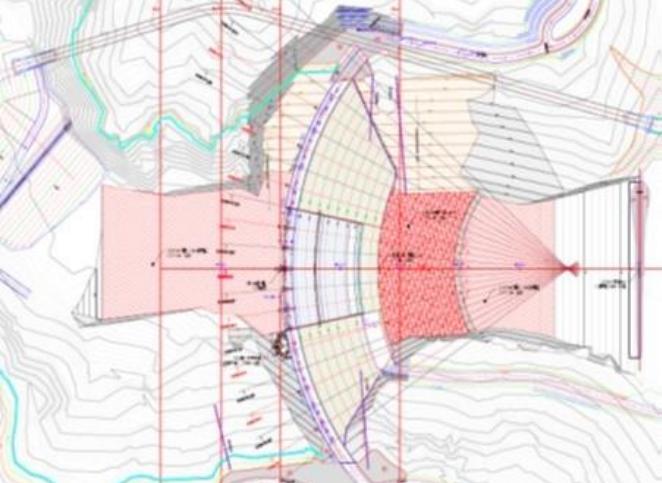
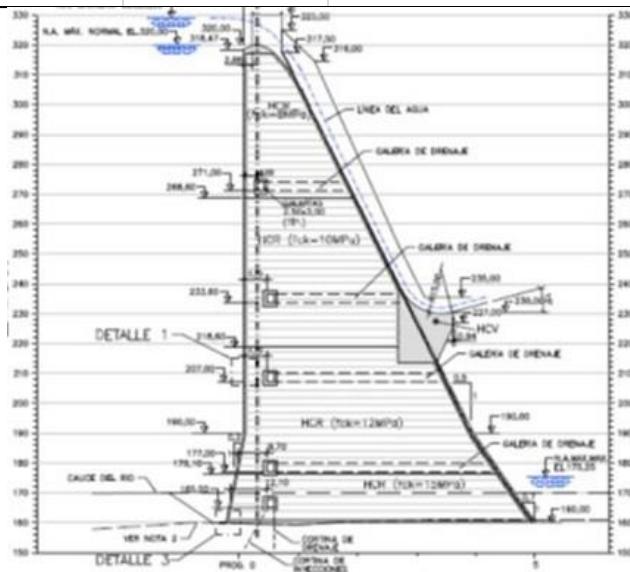
Comitê Brasileiro de Barragens

	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Nome	<b>El Guapo</b>
		País	Venezuela
		Objetivo	Abastecimento
		Data Início	2006
		Data Término	2008
		Altura (m)	50
		Crista (m)	150
		CVC (m <sup>3</sup> )	20.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	330.000
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Construtor	Camargo Correa
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	
		Nome	<b>Tuy Cuira</b>
		País	Venezuela
		Objetivo	Abastecimento
		Data Início	Em Construção
		Data Término	
		Altura (m)	135
		Crista (m)	240
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	CVC (m <sup>3</sup> )	140.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	905.000
		Projeto	
		Construtor	Camargo Correa
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	
		Nome	<b>Miel I</b>
		País	Colombia
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	1998
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Data Término	2002
		Altura (m)	188
		Crista (m)	388
		CVC (m <sup>3</sup> )	80.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	1.740.000
		Projeto	
		Construtor	Odebrecht
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	Furnas

	<b>Dados Principais</b> Projeto: Intertechne Construtor: Odebrecht Consultor: Andriolo, Francisco Laboratorio:	Nome	<b>Remigio Rojas</b>
		País	Panamá
		Objetivo	Abastecimento
		Data Início	
		Data Término	
		Altura (m)	
		Crista (m)	
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
	<b>Dados Principais</b> Projeto: Intertechne Construtor: Odebrecht Consultor: Andriolo, Francisco Laboratorio:	Nome	<b>General J. Mujica</b>
		País	Mexico
		Objetivo	Irrigação
		Data Início	2009
		Data Término	2010
		Altura (m)	90
		Crista (m)	375
		CVC (m <sup>3</sup> )	84.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	411.000
	<b>Dados Principais</b> Projeto: PCE Construtor: Odebrecht Consultor: Holanda, Francisco Laboratorio:	Nome	<b>Pinalito</b>
		País	Dominican Rep.
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	2006
		Data Término	2007
		Altura (m)	57
		Crista (m)	198
		CVC (m <sup>3</sup> )	90.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	110.000

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

102

	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome	<b>Janah</b>	
		País	Lebanon	
		Objetivo	Hidrelétrica	
		Data Início	Em Construção	
<b>Data Término</b>				
<b>Altura (m)</b>			160	
<b>Crista (m)</b>			348	
<b>CVC (m<sup>3</sup>)</b>				
<b>RCC (m<sup>3</sup>)</b>				
<b>Projeto</b>				
<b>Construtor</b>			Andrade Gutierrez	
<b>Consultor</b>			Andriolo, Francisco	
<b>Laboratorio</b>				
	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome	<b>Changuinola II</b>	
		País	Panama	
		Objetivo	Hidrelétrica	
		Data Início	Under Const.	
<b>Data Término</b>				
<b>Altura (m)</b>			170	
<b>Crista (m)</b>			450	
<b>CVC (m<sup>3</sup>)</b>				
<b>RCC (m<sup>3</sup>)</b>				
<b>Projeto</b>			PCE	
<b>Construtor</b>			Odebrecht	
<b>Consultor</b>			Andriolo, Francisco	
<b>Laboratorio</b>				
	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome	<b>Picachos</b>	
		País	Mexico	
		Objetivo	Abastecimento	
		Data Início	2007	
<b>Data Término</b>			2009	
<b>Altura (m)</b>			80	
<b>Crista (m)</b>			320	
<b>CVC (m<sup>3</sup>)</b>			129.00	
<b>RCC (m<sup>3</sup>)</b>			377.000	
<b>Projeto</b>			Intertechne	
<b>Construtor</b>			Andrade Gutierrez	
<b>Consultor</b>			Pacelli, Walton	
<b>Laboratorio</b>				

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Nome	<b>Cerro del Aguila</b>
		País	Peru
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	Em Construção
		Data Término	
		Altura (m)	85
		Crista (m)	264
		CVC (m <sup>3</sup> )	
		RCC (m <sup>3</sup> )	
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	
		Nome	<b>Al Wehdah</b>
		País	Jordan-Syria
		Objetivo	Irrigação
		Data Início	2004
		Data Término	2006
		Altura (m)	100
		Crista (m)	940
	<b>Dados Principais</b> Cooperação Brasileira	CVC (m <sup>3</sup> )	45.000
		RCC (m <sup>3</sup> )	1.360.000
		Projeto	
		Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	
		Nome	<b>Palomino</b>
		País	Dominican Rep.
		Objetivo	Hidrelétrica
		Data Início	2011

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

104

  	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome <b>Cindere</b> País Turkey Objetivo Hidrelétrica Data Início 2003 Data Término 2005 Altura (m) 108 Crista (m) 280 CVC (m <sup>3</sup> ) 180.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 1.500.000
		Projeto Construtor Consultor Andriolo, Francisco Laboratorio
  	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome <b>Köprü</b> País Turkey Objetivo Hidrelétrica Data Início 2009 Data Término 2011 Altura (m) 118 Crista (m) CVC (m <sup>3</sup> ) 320.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 1.000.000
		Projeto Construtor Consultor Andriolo, Francisco Laboratorio
  	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome <b>Mengue</b> País Turkey Objetivo Hidrelétrica Data Início 2010 Data Término 2012 Altura (m) 60 Crista (m) CVC (m <sup>3</sup> ) 200.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 350.000
		Projeto Construtor Consultor Andriolo, Francisco Laboratorio

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens

	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome <b>Beyhan I</b> País Turkey Objetivo Hidrelétrica Data Início 2011 Data Término Em Construção Altura (m) 97 Crista (m) 365 CVC (m <sup>3</sup> ) 200.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 600.000 Projeto Construtor Consultor Andriolo, Francisco Laboratorio
		Nome <b>Beydag</b> País Turkey Objetivo Irrigação Data Início 2005 Data Término 2008 Altura (m) 96 Crista (m) 800 CVC (m <sup>3</sup> ) 2.350.000 RCC (m <sup>3</sup> ) 300.000 Projeto Construtor Consultor Andriolo, Francisco Laboratorio
	<b>Dados Principais</b>  <b>Cooperação Brasileira</b>	Nome <b>Marca Pomacocha</b> País Peru Objetivo Abastecimento Data Início 1997 Data Término 1998 Altura (m) 22 Crista (m) 93 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Projeto Construtor Odebrecht Consultor Holanda, Francisco Laboratorio
		Nome <b>Marca Pomacocha</b> País Peru Objetivo Abastecimento Data Início 1997 Data Término 1998 Altura (m) 22 Crista (m) 93 CVC (m <sup>3</sup> ) RCC (m <sup>3</sup> ) Projeto Construtor Odebrecht Consultor Holanda, Francisco Laboratorio

	<b>Dados Principais</b>  Nome: Kalekoy País: Turkey Objetivo: Hidrelétrica Data Início: Em Construção Data Término: Altura (m): 138 Crista (m): 516 CVC (m³): 700.000 RCC (m³): 2.480.00	<b>Cooperação Brasileira</b>  Projeto Construtor Consultor: Andriolo, Francisco Laboratorio
	<b>Dados Principais</b>  Nome: Güllübag País: Turkey Objetivo: Hidrelétrica Data Início: 2009 Data Término: 2012 Altura (m): 61 Crista (m): 95 CVC (m³): 80.000 RCC (m³): 100.000	<b>Cooperação Brasileira</b>  Projeto Construtor Consultor: Andriolo, Francisco Laboratorio
	<b>Dados Principais</b>  Nome: Zirdan País: Iran Objetivo: Irrigação Data Início: 2005 Data Término: 2011 Altura (m): 85 Crista (m): 350 CVC (m³): 180.000 RCC (m³): 265.000	<b>Cooperação Brasileira</b>  Projeto Construtor Consultor: Andriolo, Francisco Laboratorio

	<b>Dados Principais</b>	Nome	<b>Tannur</b>
		País	Jordan
	<b>Dados Principais</b>	Objetivo	Irrigação
		Data Início	1999
	<b>Dados Principais</b>	Data Término	2000
		Altura (m)	60
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Crista (m)	245
		CVC (m³)	
	<b>Dados Principais</b>	RCC (m³)	250.000
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b>	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Laboratorio	
	<b>Dados Principais</b>	Nome	<b>Muijb</b>
		País	Jordan
	<b>Dados Principais</b>	Objetivo	Irrigação
		Data Início	2001
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Data Término	2002
		Altura (m)	61
	<b>Dados Principais</b>	Crista (m)	380
		CVC (m³)	50.000
	<b>Dados Principais</b>	RCC (m³)	720.000
		Projeto	
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
	<b>Dados Principais</b>	Laboratorio	
	<b>Dados Principais</b>	Nome	<b>Wala</b>
		País	Jordan
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Objetivo	Irrigação
		Data Início	1999
	<b>Dados Principais</b>	Data Término	2002
		Altura (m)	52
	<b>Dados Principais</b>	Crista (m)	300
		CVC (m³)	
	<b>Cooperação Brasileira</b>	RCC (m³)	260.000
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b>	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
	<b>Dados Principais</b>	Laboratorio	

	<b>Dados Principais</b>	Nome	<b>Ibin Hammad</b>
		País	Jordan
	<b>Dados Principais</b>	Objetivo	Irrigação
		Data Início	Em Construção
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Data Término	
		Altura (m)	55
	<b>Dados Principais</b>	Crista (m)	160
		CVC (m³)	15.000
	<b>Cooperação Brasileira</b>	RCC (m³)	185.000
		Projeto	
	<b>Dados Principais</b>	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Laboratorio	
		Nome	<b>Damad</b>
	<b>Dados Principais</b>	País	Saudi Arabia
		Objetivo	Irrigação
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Data Início	2007
		Data Término	2010
	<b>Dados Principais</b>	Altura (m)	52
		Crista (m)	592
	<b>Cooperação Brasileira</b>	CVC (m³)	15.000
		RCC (m³)	305.000
	<b>Dados Principais</b>	Projeto	
		Construtor	
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Consultor	Andriolo, Francisco
		Laboratorio	
	<b>Dados Principais</b>	Nome	<b>Yabah</b>
		País	Saudi Arabia
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Objetivo	Irrigação
		Data Início	Em Construção
	<b>Dados Principais</b>	Data Término	
		Altura (m)	50
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Crista (m)	225
		CVC (m³)	64.000
	<b>Dados Principais</b>	RCC (m³)	120.000
		Projeto	
	<b>Cooperação Brasileira</b>	Construtor	
		Consultor	Andriolo, Francisco
	<b>Dados Principais</b>	Laboratorio	

Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

109

Dados Principais	
Nome	Kahir
País	Iran
Objetivo	Irrigação
Data Início	2011
Data Término	Em Construção
Altura (m)	56
Crista (m)	
CVC (m <sup>3</sup> )	45.000
RCC (m <sup>3</sup> )	460.000
Cooperação Brasileira	Projeto
	Construtor
	Consultor Andriolo, Francisco
	Laboratorio

Uma contribuição do



Comitê Brasileiro de Barragens