

# PONTES SOBRE OS RIOS CUÍLO, CALUANGO E LUANGUE

Miguel Santos<sup>1</sup>, Ricardo Antunes<sup>2</sup>, Eva Jerónimo<sup>3</sup> e João Robalo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>, Eng. Civil, COBA, S.A., Avenida 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, Portugal

email: m.santos@cobagroup.com <http://www.coba.pt>

<sup>2, 3, 4</sup> Eng. Civil, COBA, S.A., Avenida 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

*Apresentam-se os projetos das Pontes sobre os rios Cuílo, Caluango e Luangue, inseridas na EN225 entre Xaíua / Catata, na Lunda Norte, em Angola. As pontes são constituídas por tabuleiros em estrutura mista aço-betão apoiados sobre pilares e encontros em betão armado. Os comprimentos totais das pontes variam entre 75 m e 86 m e os vãos máximos são de 38 m. Os tabuleiros são constituídos por vigas metálicas que suportam as lajes em betão armado, betonadas no local sobre chapas onduladas metálicas. Apresentam-se os condicionamentos, os critérios de verificação da segurança, as soluções adotadas e os processos construtivos utilizados.*

---

**Palavras-chave:** Pontes / Estrutura mista aço-betão

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se ao projeto das Pontes sobre os rios Cuílo, Caluango e Luangue, integradas na empreitada de Reabilitação da EN225 entre Xaíua e Catata, na Lunda Norte, em Angola, a cargo da Mota-Engil Angola.

Na conceção das pontes teve-se em consideração as condições locais para a execução das obras, em que as dificuldades de acesso e a disponibilidade de equipamentos tiveram forte influência na escolha de soluções recorrendo a tabuleiros mistos aço-betão. Procurou-se uma uniformidade das soluções estruturais de modo a conseguir-se a racionalização dos métodos construtivos e dos equipamentos, na expectativa de maior rentabilidade e economia na execução.

Para as obras de arte apresentam-se os condicionamentos fundamentais que presidiram à seleção das soluções adotadas, descrevem-se as soluções estruturais, bem como os respetivos processos construtivos. São também referidos os critérios de projeto adotados.

## 2 CONDICIONAMENTOS

As pontes localizam-se em baixas aluvionares extensas, de relevo ondulado, largo e suavizado, sendo apenas quebradas pelos rios através de troços meandrizados, de leitos menores demarcados e com águas que provocam alagamentos prolongados nas largas baixas marginais.

Face à dimensão das travessias dos rios Cuílo, Caluango e Luangue, com caudais de cheia centenária elevados, os estudos hidrológicos e hidráulicos específicos realizados foram essenciais para a definição das soluções a adotar e a extensão das pontes a construir.

Tratando-se de zonas de acesso difícil, situadas a grande distância dos locais onde existem os equipamentos usuais para a construção de pontes, os materiais, equipamentos e processos construtivos a utilizar foram muito condicionados pela possibilidade de estarem disponíveis nos locais das obras.

As condições climáticas também tiveram influência na escolha das soluções dado que, na época das chuvas, os acessos aos locais das obras e as condições de trabalho se tornam extremamente exigentes ou impossibilitam

mesmo a execução dos trabalhos. Resultou assim a necessidade de compatibilizar os meios e tecnologias a utilizar com os prazos disponíveis para a construção da obra.

Em face da extensão das travessias, adotaram-se soluções em pórtico de vãos múltiplos para cada obra, adaptados aos condicionamentos apresentados. A implantação dos apoios resultou da necessidade de respeitar a morfologia do terreno existente e em especial o leito menor dos rios. Procurou-se colocar o menor número de apoios no leito menor dos rios e apenas na zona mais superficial destes junto às margens. Tendo isto em atenção, optou-se por considerar vãos centrais com comprimento máximo de 38 m.

Para este ordem de grandeza do vão estrutural, a adoção de tabuleiros mistos aço-betão permitiu reduzir os trabalhos a realizar no local, dispensou a utilização de cavaletes e reduziu os prazos de construção.

A necessidade de transportar os elementos da estrutura metálica dos tabuleiros de grandes distâncias até ao local das obras, em contentores, foi um condicionamento importante para a conceção das estruturas. Optou-se, em geral, por tabuleiros multi-viga, de modo a limitar a dimensão e o peso dos elementos a transportar. No caso da Ponte sobre o rio Caluango, em que o vão estrutural necessário era de menor dimensão (25 m), de modo a reaproveitar uma estrutura metálica existente, optou-se por um tabuleiro bi-viga. O comprimento máximo para transporte dos elementos metálicos foi de 11,5 m, o que obrigou à realização de diversas ligações nas longarinas principais. De modo a evitar a execução de operações de soldadura em obra, adotaram-se ligações aparafusadas entre os diversos elementos de aço pré-fabricados.

Apresentam-se nos pontos seguintes as soluções adotadas para cada uma das pontes, cujas características geométricas principais constam da tabela 1.

Quadro 1. Características das obras de arte

| Obra                       | Modulação de vãos<br>(m) | Comprimento<br>(m) | Largura<br>(m) | Tabuleiro            |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| Ponte sobre o rio Cuflo    | 24 + 38 + 24             | 86                 | 11,50          | Multi-viga (4 vigas) |
| Ponte sobre o rio Caluango | 20 + 25 + 20             | 65                 | 11,50          | Bi-viga              |
| Ponte sobre o rio Luangue  | 24 + 38 + 24             | 86                 | 11,50          | Multi-viga (4 vigas) |

Refere-se ainda que o perfil transversal apresenta uma largura total de 11,50 m, que permite acomodar a plataforma da EN225, a qual inclui uma faixa de rodagem comportando duas vias de tráfego de 3,50 m de largura cada, duas bermas de 1,00 m de largura e dois passadiços de 1,25 m de largura total, incluindo zona de circulação com 1,00 m de largura livre e guarda corpos.

Os passadiços são em betão armado, sobrelevados em relação à face superior dos tabuleiros, e incluem os apoios da guarda de segurança e do guarda-corpos.

A faixa de rodagem e bermas têm inclinação transversal de 3,0 % ao longo da obra, de acordo com o seu traçado em planta. A superfície dos passadiços é inclinada a 2,0 % para o interior do tabuleiro.

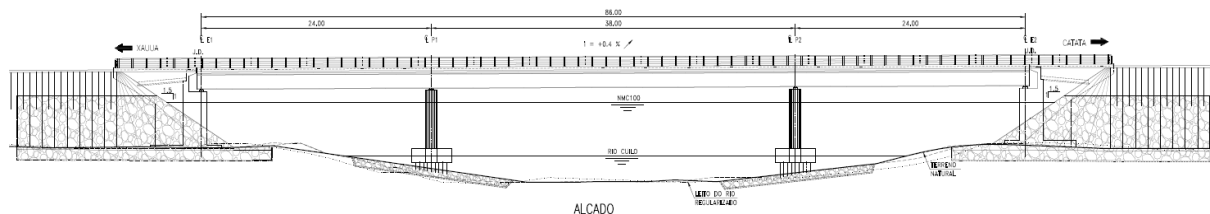
Os tabuleiros são dotados dos dispositivos de drenagem necessários para evitar que se formem sobre ele toalhas de águas nocivas quer à sua conservação, quer à circulação rodoviária.

### 3 PONTE SOBRE O RIO CUÍLO E PONTE SOBRE O RIO LUANGUE

A Ponte sobre o rio Cuilo [1] localiza-se entre o km 22+346,5 e o km 22+432,5 da EN 225, e a Ponte sobre o rio Luangue [3] localiza-se entre o km 80+999 e o km 81+085, em ambos os casos transpondo perpendicularmente as linhas de água.

O atravessamento do leito dos rios constitui o condicionamento principal para a definição das soluções a adoptar em cada obra. Nos troços das travessias, tanto o rio Cuilo como o rio Luangue apresentam uma largura do leito menor de cerca de 60 m e uma profundidade máxima de cerca de 2,5 m. Assim, adotaram-se soluções

semelhantes para as duas obras, constituídas por pórticos de três tramos com tabuleiros em laje vigada em estrutura mista aço-betão, apoiados sobre os pilares e encontros em betão armado. Os tabuleiros têm 11,50 m de largura. A modulação dos vãos é de 24 + 38 + 24 (m), resultando um comprimento total de 86 m entre eixos de apoio nos encontros em cada obra.



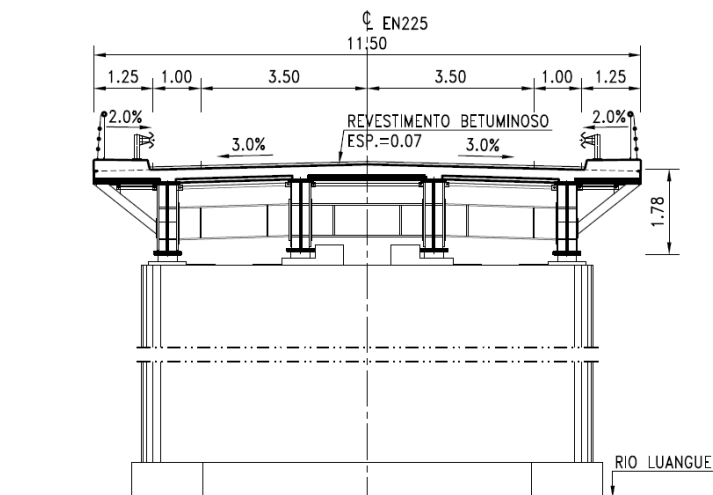
**Fig. 1. Ponte sobre o Rio Cuílo – Alçado.**

A secção transversal dos tabuleiros é constituída por uma laje em betão armado suportada por quatro longarinas metálicas de 1500 mm de altura, com banzo superior de largura constante de 500 mm e banzo inferior de largura constante de 550 mm. Estas longarinas são constituídas por perfis reconstruídos soldados (P.R.S.) a partir de chapas individuais.

A espessura dos banzos e das almas das longarinas variam longitudinalmente em função das necessidades estruturais relativamente aos critérios de verificação de resistência à rotura, à fadiga e à instabilidade.

Transversalmente as longarinas são travadas por transversinas IPE300 espaçadas em geral de 3800 mm, sendo constituídos montantes para as receber. Estes montantes funcionam igualmente como reforço das almas.

As carlingas sobre os apoios nos pilares e nos encontros são constituídas por perfis laminados HEA1000 no caso dos encontros e HEA700 no caso dos pilares. Estes perfis são reforçados verticalmente próximo das zonas dos montantes, por forma a permitir a operação de substituição dos aparelhos de apoio.



**Fig. 2. Ponte sobre o Rio Luangue – Corte Transversal.**

Sobre os encontros, e de modo a apoiar a laje em consola, as carlingas são prolongadas também em consola para o exterior das longarinas laterais através de perfis em “I” – PRS de secção variável.

A laje, em betão armado, tem a largura total do tabuleiro de 11,50 m e uma espessura máxima de 0,28 m, resultando uma altura estrutural total para o tabuleiro de 1,78 m. A laje é betonada “in-situ” sobre uma chapa ondulada metálica.

De modo a permitir o apoio das chapas de cofragem nas zonas da laje em consola em fase construtiva, adotaram-se escoras diagonais entre os bordos da laje e as longarinas laterais, com espaçamento coincidente com as transversinas e as carlingas, complementadas por tirantes formados por cantoneiras a toda a largura do tabuleiro. Sobre as escoras apoiam perfis UNP260 longitudinais, contínuos ao longo do tabuleiro, que servem de cofragem vertical do bordo da laje e de apoio longitudinal contínuo à chapa ondulada metálica.

O comportamento misto aço-betão da estrutura é assegurado por pernos-conectores soldados ao banzo superior das longarinas.

Adotaram-se pilares de fuste único para o apoio das vigas do tabuleiro. Os pilares, em betão armado, têm secção transversal constante, retangular com cantos arredondados, com 1,20 m de espessura por 9,50 m de largura.

Os encontros são do tipo maciço, em betão armado, sobre os quais descarrega o tabuleiro. Ambos os encontros possuem muros laterais, de comprimento variável, para contenção dos terrenos no tardoz. As mesas dos encontros são visitáveis, de modo a permitir a inspeção e manutenção da estrutura metálica do tabuleiro.

No local dos atravessamentos dos rios ocorrem depósitos aluvionares constituídos essencialmente por areias finas, silto-argilosas, com componente lodosa e argilosa, sobrejacentes às “areias do Kalahari” e a formações de carácter rochoso correspondentes a níveis litificados de areias e arenitos, por vezes conglomeráticos. Em face das formações existentes, em ambas as obras foram adotadas fundações indiretas por meio de agrupamentos de estacas de 0,80 m de diâmetro para os encontros e para os pilares.

Foram adotadas proteções contra a erosão e a infraescavação, em torno dos pilares, dos encontros e junto dos aterros de aproximação, recorrendo a enrocamento argamassado.



**Fig. 3: Execução da Ponte sobre o Rio Cuílo.**



**Fig. 4: Execução da Ponte sobre o Rio Luangue.**

#### 4 PONTE SOBRE O RIO CALUANGO

A Ponte sobre o rio Caluango [2] localiza-se entre o km 41+280,853 e o km 41+345,853 da EN 225, transpondo com um ligeiro viés a linha de água.

O atravessamento do leito do rio Caluango constitui o condicionamento principal para a definição da solução a adoptar para a obra. No troço da travessia, o rio Caluango apresenta uma largura entre o topo dos taludes do leito menor de cerca de 28 m.

A obra é constituída por um pórtico de três tramos com tabuleiro em laje vigada em estrutura mista aço-betão, apoiado sobre os pilares e encontros em betão armado. A modulação dos vãos é de 20 + 25 + 20 m, resultando um comprimento total de 65 m entre eixos de apoio nos encontros.

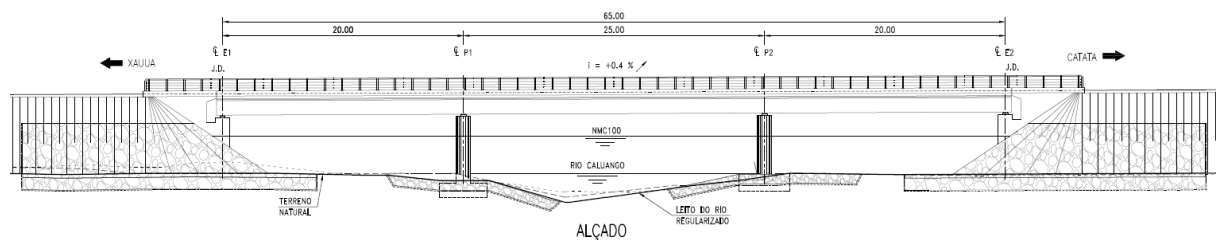


Fig. 5: Ponte sobre o Rio Caluango – Alçado.

A secção transversal do tabuleiro é constituída por uma laje em betão armado suportada por duas longarinas metálicas de 1200 mm de altura, com banzos inferior e superior de largura constante de 550 mm. Estas longarinas são constituídas por perfis reconstruídos soldados (PRS) a partir de chapas individuais.

A espessura dos banzos e das almas das longarinas variam longitudinalmente em função das necessidades estruturais relativamente aos critérios de verificação de resistência à rotura, à fadiga e à instabilidade.

Para reforço das almas, adotaram-se reforços transversais regularmente espaçados, que correspondem a chapas verticais em toda a altura da alma do lado interior do tabuleiro.

Nas zonas de apoio sobre os pilares e encontros, os reforços das almas são interiores e exteriores, por forma a melhor centrar as reacções.

Transversalmente as longarinas são travadas por transversinas IPE500 espaçadas em geral de 5 000 mm, sendo constituídos montantes para as receber.

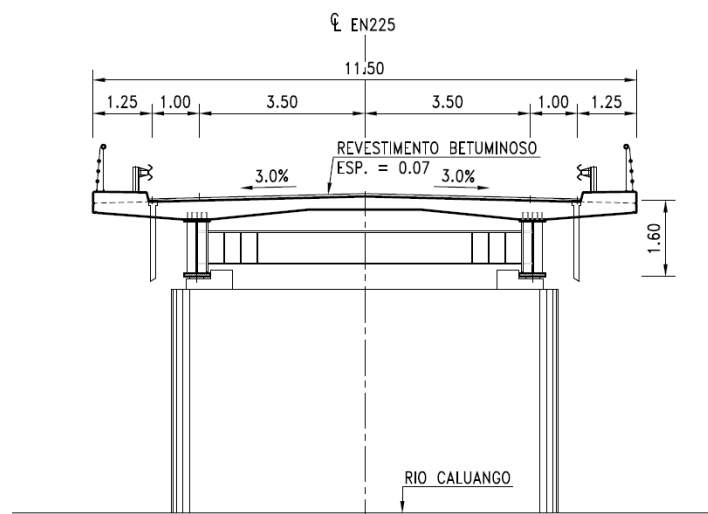


Fig. 6: Ponte sobre o Rio Caluango – Corte Transversal.

Sobre os apoios nos pilares e nos encontros, adotaram-se carlingas constituídas por PRS em “I”, reforçados verticalmente próximo das zonas dos montantes, por forma a permitir a aplicação das forças concentradas relativas à operação de substituição dos aparelhos de apoio.

Sobre os encontros, e de modo a apoiar a laje de betão em consola, as carlingas são prolongadas também em consola para o exterior das longarinas.

Sobre a estrutura metálica são instaladas lajes pré-fabricadas em betão armado, com a largura total do tabuleiro de 11,50 m e 2,00 m de comprimento. A espessura das lajes é variável entre 0,40 m sobre as longarinas, 0,30 m a meio vão da laje e 0,20 na extremidade das consolas, resultando uma altura estrutural total para o tabuleiro de 1,60 m.

Estas lajes são colocadas encostadas entre si, sendo interligadas através de armaduras ordinárias sobrepostas e da betonagem “in situ” de pequenas nervuras de ligação.

O comportamento misto aço-betão da estrutura é assegurado por pernos-conectores soldados ao banzo superior das longarinas. A área circundante aos pernos é igualmente betonada “in situ”.

Adotaram-se pilares de fuste único para o apoio das vigas do tabuleiro. Os pilares, em betão armado, têm secção transversal constante, rectangular com cantos arredondados, com 1,20 m de espessura por 8,20 m de largura.

Os encontros são constituídos por maciços em betão armado e incluem muros laterais para contenção dos aterros de acesso à obra e os restantes equipamentos habituais. A mesa do encontro é visitável, de modo a permitir a inspeção e manutenção da estrutura metálica do tabuleiro.

No local do atravessamento do rio ocorrem depósitos aluvionares constituídos essencialmente por areias finas, silto-argilosas, com componente lodosa e argilosa, sobrejacentes às “areias do Kalahari” e a formações de carácter rochoso correspondentes a níveis litificados de areias, arenitos e arenitos siliciosos. Em face das formações existentes foram adotadas fundações indiretas para os encontros e para o pilar P2, por meio de agrupamentos de estacas de 0,80 m de diâmetro. Para o pilar P1, devido ao reconhecimento de rocha (calcarenito conglomerático) adotou-se uma fundação do tipo directa por meio de uma sapata sobre o maciço rochoso.



**Fig. 7: Execução da Ponte sobre o Rio Caluango.**

## 5 MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Em face da reduzida altura da rasante ao solo, os tabuleiros foram executados por meio de auto-gruas trabalhando a partir do terreno.

Para as pontes sobre os rios Cuílo e Luangue, o faseamento construtivo foi o seguinte:

- Execução das fundações dos pilares e encontros;
- Construção da elevação dos pilares e encontros;
- Pré-fabricação e transporte da estrutura metálica do tabuleiro;
- Montagem das vigas metálicas (longarinas);
- Montagem das carlingas e travamentos metálicos;
- Instalação das chapas metálicas de cofragem;
- Betonagem da laje do tabuleiro;
- Acabamentos.

Para a ponte sobre o rio Caluango, o faseamento construtivo foi o seguinte:

- Execução das fundações dos pilares e encontros;
- Construção da elevação dos pilares e encontros;
- Pré-fabricação e transporte da estrutura metálica do tabuleiro;
- Pré-fabricação das lajes em betão armado;
- Montagem das vigas metálicas (longarinas);
- Montagem das carlingas e travamentos metálicos;
- Montagem das lajes pré-fabricadas;
- Betonagem das zonas da laje a betonar “in-situ”;
- Acabamentos.

## 6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

### 6.1 Ações

Estando Angola integrada na STACC, as ações consideradas na verificação da segurança das obras de arte foram as indicadas no “Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts” da SATCC (CPDRBC-SATCC), das quais se salientam as sobrecargas rodoviárias, em face do acréscimo significativo de carga quando comparadas com as sobrecargas rodoviárias usualmente consideradas em Portugal.

As sobrecargas rodoviárias consideradas foram as seguintes:

- Sobrecarga NA (NA1, NA2 e NA3)
- Sobrecarga NB36 (veículo de 4 eixos, com 16 rodas de 90 kN cada, peso total de 1440 kN)

### 6.2 Critérios de verificação da segurança

A verificação da segurança dos elementos e secções de aço ou mistos aço-betão foi efetuada de acordo com os Eurocódigos, nomeadamente:

- EN1992 (Eurocódigo 2): Projeto de estruturas de betão

- EN1993 (Eurocódigo 3): Projeto de estruturas de aço
- EN1994 (Eurocódigo 4): Projeto de estruturas mistas aço-betão

A verificação da segurança dos elementos e secções de betão armado foi efetuada seguindo-se fundamentalmente o REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado).

A análise das estruturas submetidas às ações regulamentares foi efetuada por métodos matemáticos realizados em computador através de programas de cálculo estrutural, quer de aplicação geral, quer especificamente desenvolvidos para o cálculo de obras de arte.

Dos programas de aplicação geral recorreu-se prioritariamente ao programa SAP2000, recorrendo a modelos de barras tridimensionais e a modelos de elementos finitos de casca em função do tipo de análise efetuada.

## 7 MATERIAIS

Os materiais a utilizar na execução das obras de arte foram ditados pela necessidade de garantir não só a resistência, mas também a durabilidade das obras. Os materiais adoptados foram os seguintes:

- Betão de Regularização e Selagem – C16/20 X0 (B20 segundo o REBAP)
- Betão em Estacas, Sapatas, Maciços de Estacas e Lajes de Transição – C25/30 XC2 (B30 segundo o REBAP)
- Betão em Pilares e Encontros em elevação – C30/37 XC4 (B35 segundo o REBAP)
- Betão na Laje do Tabuleiro betonada “in situ” – C30/37 XC4 (B35 segundo o REBAP)
- Aço em Armaduras –A500 NR
- Aço Estrutural – S355 segundo a norma EN 10025
- Parafusos – Classe 10.9 segundo a norma NP-1898, fabricados de acordo com a norma EN 14339
- Conectores – Pernos de cabeça com  $f_{uk} = 450$  MPa segundo a norma EN 13918

## 8 CONCLUSÕES

Apresentaram-se neste Artigo os projetos das Pontes sobre os rios Cuílo, Caluango e Luangue, inseridas na EN225 entre Xaúua / Catata, na Lunda Norte, em Angola.

Face à dimensão das travessias dos rios em causa e em virtude das obras de arte se situarem em zonas de acesso difícil, a grande distância dos locais onde existem os equipamentos usuais para a construção de pontes, concluiu-se que a adoção de tabuleiros mistos aço-betão permitiu:

1. construir pontes com vãos de cerca de 40 m em zonas de acesso difícil;
2. racionalizar os métodos construtivos e os equipamentos envolvidos;
3. reduzir os trabalhos a realizar no local;
4. dispensar a utilização de cavaletes;
5. reduzir os prazos de construção.

## 9 AGRADECIMENTOS

Agradece-se a colaboração Mota-Engil Angola, empreiteiro geral da Reabilitação da EN225 entre Xaúua / Catata, na Lunda Norte, em Angola.



## **10 REFERÊNCIAS**

1. Reabilitação da Estrada Nacional 225 - Troço Xaúua / Catata. Projeto de Execução. Ponte sobre o Rio Cuílo. COBA S.A. 2014;
2. Reabilitação da Estrada Nacional 225 - Troço Xaúua / Catata. Projeto de Execução. Ponte sobre o Rio Caluango. COBA S.A. 2014;
3. Reabilitação da Estrada Nacional 225 - Troço Xaúua / Catata. Projeto de Execução. Ponte sobre o Rio Luangue. COBA S.A. 2014.