

REUTILIZAÇÃO DE *MBR* E *RCD_b* (CORRIGIDOS) EM CAMADAS DE LEITO DE PAVIMENTO

Fernando Martinho¹, Bruno Medeiros², Gonçalo Matos³ e Sérgio Silva³

¹FM Consult / IST - Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal;

email: fernando.martinho@ist.utl.pt

²ODEBRECHT International, Maputo, Moçambique

³ODEBRECHT – BPC, Lisboa, Portugal

Sumário

*O artigo técnico descreve o processo de triagem, valorização e reutilização de dois "resíduos" (como agregados), na construção de um trecho da A33 - "SCUT Baixo Tejo". Um dos subprodutos processados foi um *RCD_b* (Resíduo da Construção e Demolição de betão, britado) e o outro foi uma *MBR* (Mistura Betuminosa Recuperada), ambos gerados na obra. Estes materiais foram previamente britados e corrigidos antes da sua aplicação (com solos e com outros agregados britados, igualmente disponíveis na obra), de modo a que o agregado resultante cumprisse os parâmetros essenciais definidos nas especificações técnicas. Os resultados obtidos com estes "eco-Agregados" excederam as especificações técnicas preconizadas e, em simultâneo, promoveu-se um ambiente mais sustentável, reutilizando recursos e reduzindo o consumo energético.*

Palavras-chave: Leito do Pavimento; Misturas Betuminosas Recuperadas (*MBR*); Resíduos da Construção e Demolição de betão, britados (*RCD_b*); Sustentabilidade; Desempenho Mecânico.

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo são apresentadas as características e o controlo de qualidade seguido na aplicação de dois agregados, ecológicos e de baixo custo, obtidos pela recomposição de dois "resíduos" originais. Um destes resíduos foi recuperado a partir de várias obras de arte que foram demolidas e o outro foi obtido a partir dos pavimentos existentes que foram removidos da antiga estrada. Estes novos "eco-Agregados" foram aplicados na camada de leito do pavimento do IC 32 - atual Autoestrada A33 - Lotes 1 e 2, integrados na Subconcessão do Baixo Tejo, localizada a Sul de Lisboa. No projeto base estava contemplada a utilização de solos selecionados na camada de leito, mas este tipo de solos bons é raro na zona e a sua aquisição era dispendiosa. Por outro lado, quando na presença de humidade elevada, é difícil laborar mesmo com estes solos, facto que levava a que, por vezes, as frentes de trabalho tivessem que parar durante vários dias [4].

As características muito particulares dos solos da região (com elevada plasticidade) e o alto custo da opção tradicional (agregados britados provenientes das pedreiras existentes na zona de Sesimbra), levaram a uma procura incessante de outras soluções alternativas, talvez mais válidas tecnicamente e não tão dispendiosas. Os agregados ecológicos que se obtiveram permitiram ainda que a sua aplicação pudesse ser feita com condições meteorológicas adversas (uma vez que são bastante insensíveis à humidade), tendo assim permitido reduzir o tempo de execução da camada, em comparação com o que seria necessário na solução base (com os solos).

As preocupações ambientais, juntamente com as razões de ordem técnica supervenientes, incentivaram a reutilização dos vários "resíduos" produzidos neste projeto, constituídos não só pelas enormes quantidades de betão demolido, mas também pelos solos excedentários ao longo da obra e pelos pavimentos removidos na antiga estrada nacional, que foi substituída, Figura 1. Os agregados "ecológicos" aplicados resultaram da mistura de: *RCD_b* (Resíduos da Construção e Demolição de betão britado) com *SOLOS* - agregado que foi designado por *Solo-Agregado Reciclado (SAR)* e *MBR* (Mistura Betuminosa Recuperada) com *ABGE* (Agregado Britado de Granulometria Extensa) - agregado designado por *Agregado Britado Reciclado (ABR)*.



Fig.1. Esboço corográfico do projeto e localização das obras de arte demolidas

2 A DESCONSTRUÇÃO DE OBRAS DE ARTE E PAVIMENTOS EXISTENTES

2.1 Preparação

As principais atividades que tiveram lugar no início de cada demolição das obras de arte e dos pavimentos existentes estavam essencialmente relacionadas com as questões de segurança e com o planeamento das operações subsequentes que iam ter lugar, de modo a cumprir todos os requisitos exigidos. Assim, os trabalhos começaram com a implementação dos esquemas de sinalização necessárias e com o planeamento da demolição dos tabuleiros, Figura 2.

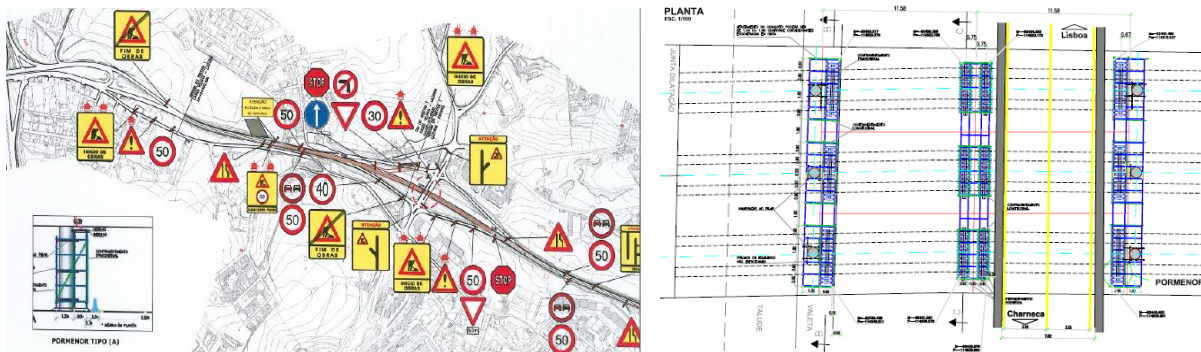


Fig.2. Exemplo de sinalização implementada e faseamento de demolição de tabuleiro de obra de arte

Todo o tráfego (da estrada existente e de obra) foi reorganizado de uma forma mais racional para evitar acidentes e danos em pessoas e bens. Foi assim possível realizar o corte, a demolição e a remoção do betão estrutural e dos pavimentos existentes nas melhores condições de segurança, para todos os utentes e trabalhadores.

2.2 Corte e remoção do betão armado

O trabalho de demolição de cada passagem superior começou pelo corte das seções transversais, de um modo faseado, de acordo com a programação definida. Esta demolição incluiu um conjunto de operações de hidro-corte para dividir o vão central da laje e a demolição *in situ* dos vãos laterais do tabuleiro e dos pilares. Teve também lugar a triagem e remoção do aço e o seu encaminhamento para reciclagem e posterior reutilização.

A demolição do vão central foi iniciada pelos vários cortes previstos, com fio diamantado, precedidos pelo escoramento das seções principais a serem cortadas, após o que eram retiradas com uma grua. Um dos planos principais destinados a realizar a demolição da laje de betão armado, está apresentado na Figura 3.

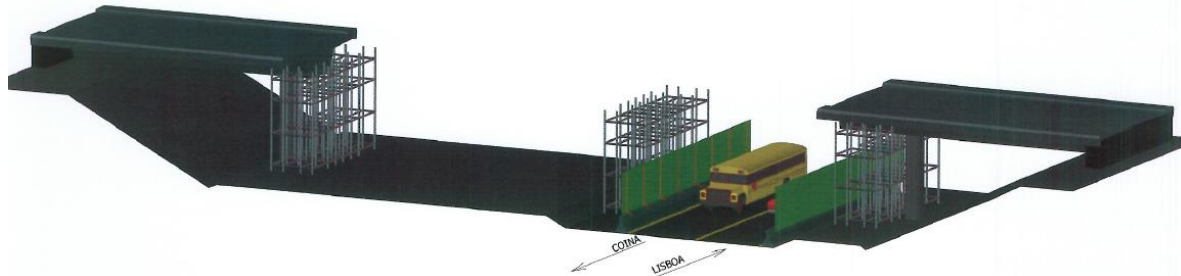


Fig.3. Exemplo de plano de corte e remoção do tabuleiro de uma das Passagens Superiores, PS

Na Figura 4 podem-se observar alguns pormenores da demolição de uma das Passagens Superiores, que incluíram a utilização de uma grua de 750 ton.

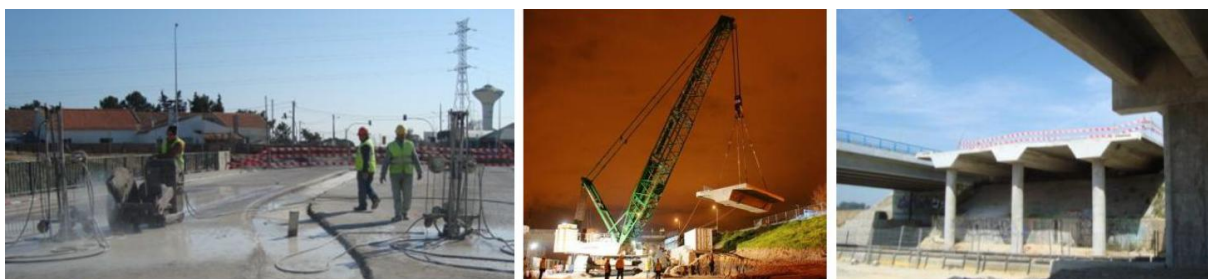


Fig.4. Corte e remoção do tabuleiro de uma PS

O equipamento utilizado para demolir cada obra de arte incluiu: 3 serras de corte com fio diamantado, 2 máquinas de perfuração, uma grua telescópica com uma capacidade de 750 toneladas, 3 escavadoras hidráulicas com 30-45 ton (Figura 5), 2 martelos hidráulicos, 2 tesouras hidráulicas, 1 triturador hidráulico e 4 camiões.



Fig.5. Demolição das restantes secções do tabuleiro e dos pilares de uma PS

2.3 Remoção dos pavimentos existentes

A remoção dos pavimentos existentes foi feita com o recurso a escavadoras hidráulicas (quando incluía misturas betuminosas e agregado britado de granulometria extensa, ABGE) e com fresadoras (quando incluía apenas misturas betuminosas). Nuns casos, o material removido era constituído por 0,12 a 0,15m de espessura de misturas betuminosas e cerca de 0,20 m de espessura de ABGE (dos cerca de 0,30 a 0,40 m existentes), sendo nos outros casos removidos apenas 0,05 a 0,10 m de espessura de misturas betuminosas, Figura 6.



Fig.6. Demolição e remoção dos pavimentos existentes com escavadoras e fresadoras

3 PROCESSAMENTO DOS MATERIAIS DEMOLIDOS

3.1 Britagem

A britagem dos "resíduos" removidos foi feita com o recurso a duas britadeiras de maxilas (uma móvel e outra fixa), permitindo a obtenção de agregados com dimensão máxima, em geral, inferior a 80 mm, Figura 7.



Fig.7. Britagem dos resíduos com britadeiras de maxilas

Nestas britadeiras, uma das maxilas é fixa enquanto a outra se move, permitindo o esmagamento de todo o tipo de materiais que entram na tremonha das mesmas. Após a britagem, o material passa sob um separador magnético, que remove quase todos os restos de metal que ainda permaneciam no agregado (no caso do RCD_b , proveniente do betão armado). Finalmente, o agregado esmagado passava através de um crivo para separar da fração acima de 80mm (que retorna ao primário, a fim de ser novamente britada).

3.2 Recomposição dos agregados

A mistura, ou recomposição, dos agregados britados com os solos, ou com um agregado britado de granulometria extensa (proveniente de pedra), destinou-se a corrigir a granulometria e a melhorar as características de coesão do agregado final. Esta mistura foi realizada com o recurso à utilização de escavadoras giratórias e pás carregadoras, mas também poderia ter sido usado um equipamento próprio para a recomposição (que inclui, pelo menos, duas tremonhas para a receção de outras tantas frações diferentes), Figura 8.



Fig.8. Mistura e correção dos agregados britados obtidos, com pá/giratória, ou em "central"

No caso do equipamento de recomposição granulométrica, este possui electroválvulas que comandam a dosagem pré-estabelecida, para cada um dos agregados / solos. A mistura é feita continuamente e a sua descarga pode ser efetuada diretamente para os camiões, ou para a pilha de armazenamento.

3.3 Novos agregados “ecológicos”

No caso da mistura do RCD_b com os solos (para obter o SAR), Após realização de vários trechos experimentais concluiu-se que a proporção ótima de cada um dos materiais, na mistura final, era de cerca de 50%. Em relação à mistura da MBR com o $ABGE$ de 2ª (necessário quando o pavimento removido incluía apenas MBR) a percentagem ótima de cada material, na mistura final (para obter o ABR) também foi de cerca de 50%.

Os solos utilizados na mistura SAR devem ter uma percentagem de passados no # 200 inferior a 35% e um CBR superior a 6%. Estes devem também ser limpos de quaisquer resíduos de metais, plásticos, madeiras e isentos de matéria orgânica. Podem ainda apresentar alguma plasticidade ($IP < 10\%$), para melhorar a falta de coesão evidenciada pelo RCD_b (que em geral tem um equivalente de areia demasiado alto, $EA > 80\%$). Quanto ao $ABGE$ utilizado na mistura ABR , deve ser escolhido em função da correção granulométrica necessária para atingir a final pretendida e as restantes características que o agregado deve cumprir para a camada a realizar.

As curvas granulométricas, de cada um dos materiais originais, foram obtidas a partir das médias das análises granulométricas realizadas sobre várias amostras recolhidas em diferentes locais de armazenamento provisório. Com base nestas curvas granulométricas, foram ensaiadas em laboratório diferentes composições para as misturas finais, tendo-se adotado a % acima referida (50% de cada um dos materiais).

As diferentes curvas granulométricas médias podem ser observadas na Figura 9.

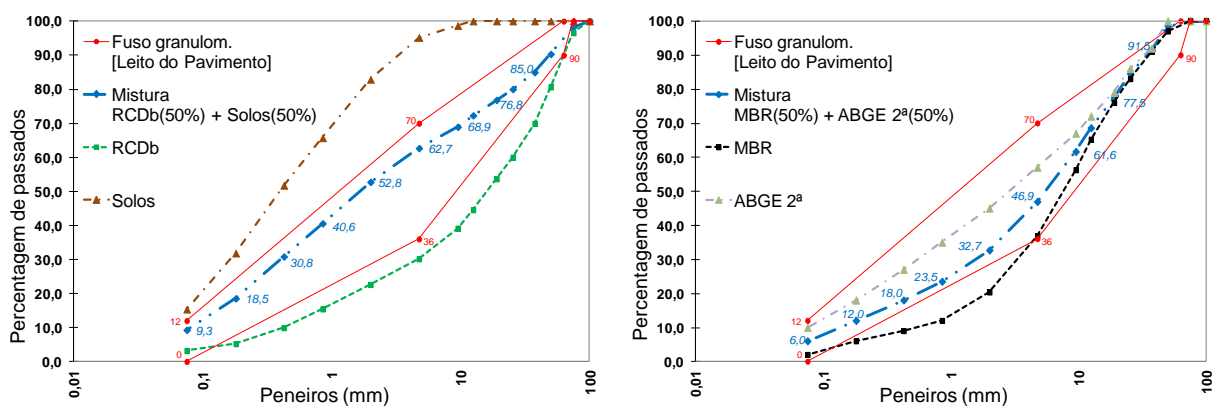


Fig.9. Curvas granulométricas dos agregados originais e das misturas finais

3.4 Execução das camadas

Os meios de carga, transporte e espalhamento dos agregados ecológicos foram exatamente os mesmos que já estavam a ser usados na aplicação dos agregados tradicionais, Figura 10.



Fig.10. Aplicação tradicional de um dos eco-Agregados (SAR)

As duas misturas, constituídas pelos dois agregados ($RCD + SOLOS$ e $MBR + ABGE$), foram carregadas e transportadas para as frentes de trabalho, procedendo em seguida ao seu espalhamento (com motoniveladoras) e à sua compactação (com cilindros de pneus / rolo de aço com 18ton). Foi ainda necessário manter um operário na frente de trabalho, de modo a assegurar a remoção dos pedaços maiores de betão, ou de mistura betuminosa, que passam entre as maxilas do britador, ou algum resíduo que não tenha sido removido na triagem prévia.

3.5 Sequência de execução dos trabalhos

Todo o processo de triagem, processamento e reutilização dos agregados reciclados está ilustrado na Figura 11.



Fig.11. Esquematização dos processos de obtenção e aplicação dos eco-Agregados (SAR e ABR)

Conforme se pode verificar na Figura 11, todos os equipamentos necessários na aplicação destes agregados são vulgares e estavam já a ser utilizados na execução de outras atividades na mesma empreitada. No caso das obras de arte, logo após a sua demolição e antes de se proceder à britagem, os blocos de betão de maiores dimensões foram taqueados com martelo hidráulico (acoplado às escavadoras giratórias de rastros), de modo a reduzir as suas dimensões e a permitir a remoção da maior parte do aço remanescente.

4 TRABALHOS EXECUTADOS

Após uma completa caracterização dos novos *eco-Agregados* (resultantes da mistura dos *SOLOS* com o RCD_b e da *MBR* com o *ABGE*, na proporção de 50% de cada), feita previamente em laboratório, foram construídos vários trechos experimentais para confirmar as propriedades finais da camada e para definir a metodologia de execução e o controlo de qualidade a ser implementado. Uma vez concluído este processo e após análise dos resultados foi, posteriormente, elaborada a correspondente proposta técnica, com vista à sua análise e aprovação pela fiscalização.

As quantidades executadas com cada um dos *eco-Agregados* produzidos na obra estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Leito do pavimento - Quantidades executadas com os dois *eco-Agregados*

<i>eco-Agregados</i>	Áreas (m ²)	Espessuras (m)	Volumes (m ³)
Solo-Agregado Reciclado (SAR)	29.290	0,20 e 0,30	7.062
Agregado Britado Reciclado (ABR)	39.005	0,20 e 0,30	9.208
<i>Totais</i>	68.295		16.270

As reutilizações que tiveram lugar neste projeto, *MBR* e RCD_b , produzidos na obra, respeitaram em pleno a hierarquização da gestão de resíduos determinada na legislação em vigor, a qual dá prioridade à sua reutilização no local onde são gerados.

O uso destes materiais alternativos, em vez dos inicialmente previstos para serem utilizados na camada de leito do pavimento, não determinou alterações nos métodos construtivos já definidos no programa de trabalhos, tendo

inclusivamente melhorado o desempenho mecânico da camada e encurtado o seu prazo de execução, pois passou a existir maior disponibilidade de materiais na obra.

Para além deste facto, foi ainda possível manter em laboração algumas frentes de trabalho durante condições meteorológicas adversas, porque estes materiais são mais insensíveis à humidade (característica que se traduziu numa vantagem significativa durante os períodos de inverno / primavera).

Os rendimentos médios diários obtidos na produção / aplicação destes materiais não foram muito elevados (cerca de 250m³/dia), porque a obtenção de maiores produções médias foi prejudicada pelos vários condicionalismos impostos pelo tráfego (que não foi interrompido) e pelo funcionamento dos nós de acesso à estrada existente. O facto de toda a obra estar inserida em zona urbana também introduziu limitações importantes nos rendimentos.

5 CONTROLE DE QUALIDADE

O controlo de qualidade na execução das camadas começou pela determinação da granulometria do agregado (após compactação), do teor de humidade e da compactação das camadas (utilizando a garrafa de areia). No controlo da compactação, poderia também ter sido utilizado um gama densímetro, no entanto, este equipamento conduz a resultados pouco fiáveis neste tipo de agregados.

Foi ainda feita a caracterização dos parâmetros de deformabilidade e compactação da camada, durante a sua construção, com o ensaio de carga com placa e, após conclusão da obra, com o *Falling Weight Deflectometer*, *FWD*, Figura 12. Poderiam igualmente ter sido usados outros ensaios, ou equipamentos, tais como: o mini macro, ou o Defletómetro de Impacto Portátil, *DIP*, ou *LWD* (*Light Weight Deflectometer*).



Fig.12. Controlo de qualidade das camadas, durante e após a construção

Espera-se que esta solução mantenha o bom desempenho, não só no que diz respeito à sua rigidez, mas também ao seu comportamento e em especial face às mudanças que ocorrem periodicamente nos estados hídricos (porque estes agregados mostram boa insensibilidade à humidade). Algumas das exigências e os resultados médios obtidos são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Requisitos dos solos/agregados para leito do pavimento e propriedades médias dos “eco-Agregados”

Propriedades	Símb.	Normas	Unid.	Leito do pavimento		Valores médios obtidos		
				Solos Sel.	Agr. recicl.	Solos Sel.	SAR	ABR
Índice de achatam..	<i>FI</i>	NP EN 933-4	%	< 35	< 35	-	32	25
Equival. de areia	<i>SE</i>	NP EN 933-8	%	≥ 35	≥ 40	16	48	55
Perc. de finos	<i>F</i>	NP EN 13285	%	UF ₉ LF ₂	UF ₉ LF ₂	15	8	7
Azul-de-metileno	<i>VBS</i>	AFNOR18-592	g/100g	< 1,0	< 1,0	0,3	0,4	0,3
Resist. ao desgaste	<i>LA</i>	NP EN 1097-2	%	< 45	< 45	-	42	35
Micro Deval	<i>MDE</i>	NP EN 1097-1	%	< 50	< 35	-	25	
Calif. Bear. Ratio	<i>CBR</i>	NF P94-078	%	> 10	-	9	20	25

SAR = Solo-Agregado Reciclado / ABR = Agregado Britado Reciclado

A regulamentação existente e a grande experiência já alcançada em Portugal (relacionada com a reutilização de *MBR* e *RCD* em pavimentos), a qual inclui várias diretrizes [1] e [2] e muitos grandes projetos realizados (por exemplo, a demolição dos antigos estádios de futebol para o *Euro 2004*, o maior resort Português - *Troiareort* [6] e, mais recentemente, as obras do *Parque Escolar*), permitem que estes agregados sejam aplicados em leito do pavimento, ou sub-base, sem preocupações quanto ao seu desempenho, inclusive em misturas betuminosas (*RCD* de betão, britados) [3] e [5].

Esta afirmação foi confirmada, mais uma vez, com o bom desempenho mecânico conseguido nesta obra, conforme se verificou depois de se proceder à retro análise dos resultados dos ensaios de carga (realizados com o *FWD*, no âmbito da caracterização final do pavimento), tal como se mostra no Quadro 3.

Quadro 3. Materiais utilizados e respetivas características, projetadas e medidas

Camadas	Materiais	Espessuras (m)	Coef. de Poisson, ν	Mód. deform., E (MPa)		
				Projetado	Medido	
Desgaste	Mistura Betuminosa Aberta, <i>MBA</i>	0,03	0,35	2.000	4.300 a 6.100	
Regularização	AC 14 bin 35/50	0,05	0,35	4.300		
Base betuminosa	AC 32 base 35/50	0,10 / 0,11	0,35	4.800		
Base granular	Agreg. Britado de Gran. Ext., <i>ABGE</i>	0,20	0,35	200	420 a 790	
Leito do pavimento	Solos Seleccionados, <i>SS</i>	0,20 / 0,30	0,40	100	102 a 148	
	<i>eco-Agregados</i>	<i>Solo-Agr. Recicl., SAR</i>	0,20 / 0,30	0,35	-	137 a 220
		<i>Agr. Brit. Recicl., ABR</i>	0,20 / 0,30	0,35	-	139 a 195

Foi possível verificar que as propriedades dos *eco-Agregados* aplicados satisfizeram todas as condições necessárias para cumprir os requisitos das camadas de leito do pavimento, apresentando até características de rigidez francamente superiores às exigidas ($E_{v2} > 100$ MPa).

No processo iterativo de retro análise dos resultados obtidos nos ensaios de carga foi utilizado o *software ELSYM5*, desenvolvido pela Universidade de Berkeley, Califórnia (EUA), aproximando a bacia de deflexões calculadas à curva de deflexões medidas, por estimativas sucessivas dos módulos de deformabilidade. As deflexões foram calculadas por análise estrutural considerando que o pavimento era composto por camadas homogéneas, com comportamento isotrópico e elástico linear.

Os bons resultados conseguidos nas camadas com os “agregados ecológicos e de baixo custo” estarão também relacionados com as características dos agregados grossos do *RCD_b* e das *MBR* (quando britadas) que são favoráveis a um bom imbricamento, o qual oferece um eficaz “esqueleto” resistente à camada.

Pareceu igualmente claro que houve uma contribuição importante da humedificação ligeira dos *RCD_b*, antes da sua mistura com os solos, para a boa repartição da fração fina no agregado final (parte da fração fina do *RCD_b* fixa-se sobre a superfície dos agregados grossos). Este facto leva à melhor distribuição das partículas finas na camada, aumentando a sua coesão, favorecendo deste modo a ocorrência de maiores resistências mecânicas.

Tendo em conta os valores dos módulos de deformabilidade (obtidos no âmbito da, obrigatória, caracterização final do pavimento), constata-se que teria sido possível proceder à otimização da estrutura prevista para o pavimento na plena via. Este facto poderia dar origem a mais um benefício económico direto, derivada da possível redução da espessura total das camadas de mistura betuminosa.

Por outro lado, o custo final da camada de leito do pavimento, realizada com os *eco-Agregados* descritos neste artigo, conduziu às correlações apresentadas no Quadro 4. Neste Quadro não estão refletidos os benefícios colaterais (como seja, por exemplo, o menor custo de conservação das vias existentes nas imediações da obra), nem os benefícios associados à minimização dos impactes ambientais (de valoração mais complexa).

Quadro 4. Correlação económica entre agregados virgens e eco-Agregados (após aplicação)

Materiais para o leito do pavimento - soluções implementadas	Correlações de custo		
	ABGE	SAR	ABR
<i>ABGE - Proj. base (em época com pluviosidade)</i>		1,37	1,35
<i>SAR - Solo-Agregado Reciclado</i>	0,73		0,99
<i>ABR - Agregado Britado Reciclado</i>	0,74	1,01	

ABGE = Agregado Britado de Granulometria Extensa / SAR = Solo-Agregado Reciclado / ABR = Agregado Britado Reciclado

6 CONCLUSÕES

A incorporação de *RCD_b* (obtidos por britagem de betão armado de obras de arte demolidas) e de *MBR* (resultantes dos pavimentos existentes removidos) conduziu a importantes minimizações de alguns impactes ambientais e económicos. Ocorreram ainda outras reduções que também tiveram uma expressão relevante, por exemplo: diminuiu a exploração de recursos naturais (agregados na Serra da Arrábida, em Sesimbra), diminuiu o volume ocupado no vazadouro devido à redução na quantidade de *RCD* enviados para aterro licenciado e reduziram-se as emissões de gases com efeito de estufa e o consumo de combustíveis fósseis.

Por outro lado, diminuiu a probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários devido à minimização das distâncias de transporte, houve uma menor degradação dos pavimentos das estradas utilizadas e atenuou-se o desconforto para as populações (devido à redução / eliminação do tráfego de veículos pesados que originam ruído e poluição do ar nas travessias urbanas).

Merece ainda destaque o facto de estas reutilizações não terem obrigado à utilização de novos equipamentos na sua aplicação, nem cuidados especiais, para além dos habituais.

Por todas as razões expostas ao longo deste documento, fica demonstrado que as alternativas implementadas na obra salvaguardaram a utilização de recursos naturais (areiros, pedreiras, materiais existentes nas estradas de acesso e combustíveis fósseis).

Esta aplicação (dos resíduos provenientes da demolição das obras de arte e dos pavimentos antigos) revelou-se muito interessante para a sustentabilidade do projeto, tendo resultado, também a este nível, numa obra bem conseguida (na qual foram reutilizados quase 100% dos resíduos processados no traçado), Figura 13.



Fig.13. Vista parcial da obra executada no IC 32 - atual A33 (entre o IC20 e o nó de Palhais)

A experiência adquirida com mais esta reutilização de materiais poderá ainda favorecer, no futuro, as áreas de produção de outras obras em que seja possível dispor de subprodutos industriais nas suas imediações (sejam produzidos na própria obra, ou existentes/produzidos noutras obras/industrias da região).

Pode-se igualmente recomendar que, em casos futuros semelhantes, seja também comprovada a sustentabilidade dos empreendimentos, com uma adequada Análise de Custo no ciclo de Vida (ACV).

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio proporcionado por todos os colaboradores, subempreiteiros e fornecedores da obra em causa. As suas contribuições foram muito importantes neste projeto, tendo permitido obter os melhores resultados, com maior qualidade, com mais sustentabilidade e dando um contributo significativo para a minimização do custo no ciclo de vida da estrada existente e do empreendimento agora construído.

8 REFERÊNCIAS

1. E 473-2009, *Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas não Ligadas de Pavimentos*, LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), Lisboa, Portugal, 2009.
2. E 474-2009, *Guia para a utilização de materiais reciclados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e camadas de Leito de Infraestruturas de Transporte*, LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), Lisboa, Portugal, 2009.
3. B. M. SILVA e S. SILVA BARROSO, *Avaliação da compactação de energia no desempenho de uma mistura feita com agregados reciclados para uso em camadas granulares de pavimentos*, Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 2008.
4. F. MARTINHO, *A reutilização de MBR e RCD na Obra de Construção do IC32 (A33) - Lazarim / Palhais*, Coletânea de *Informações e Notas Técnicas*, Odebrecht, Lisboa, 2010/2011.
5. F. MARTINHO, S. CAPITÃO e L. PICADO SANTOS, *Sustainable Pavements: Warm Asphalt Mixtures Made with Recycled Aggregates from Different Industrial by-Products*, Atas da EPAM4 - 4th European Pavement and Asset Management Conference, Malmö, Suécia 2012 (edição em CD-Rom).
6. A. MARTINHO, F. MARTINHO e J. GOMES, *A reutilização dos RCD em Operações Urbanas - O Caso do Troiaresort (península de Tróia)*. Atas da Conferência Nacional *Sustentabilidade na Reabilitação Urbana - o novo paradigma do mercado da construção*, Vol. 1 - pp 135-142, Lisboa, Portugal, 2011 (ISBN:978-989-96543-2-7).