

Concreto Permeável: Estudo de Caso Para Implantação como Drenagem Urbana na Cidade de Manaus

DE SOUZA, JOÃO VICTOR

Civil graduate, International Laureate Universities

DE BRITO, CHARLES RIBEIRO

Professor, Architect, International Laureate Universities

RESUMO

Decorrente de grandes volumes de precipitações que ocorrem na cidade de Manaus, o crescimento desordenado da cidade que implica na ampla impermeabilização do solo urbano, dificultando o escoamento superficial das águas, aliados com a falta de planejamento urbano, plano diretor de drenagem urbana e manutenção das vias, tem sido um grande fator para que em tempos de fortes chuvas, nossa metrópole fique em situação calamitosa diante de tantas adversidades, muitas vezes criadas pela própria população. Em consequência diante de tantos fatos é visível o impacto que é causado a todos como enchentes, inundações, poluição de rios e lagos decorrente da rede pluvial ou até mesmo do deslocamento do escoamento superficial, no qual essas enxurradas acabam arrastando lixo e outros dejetos, colaborando para a proliferação de doenças como leishmaniose, dengue, entre outras. Enfim, provocando problemas ao trânsito, acidentes, reduzindo a vida útil do pavimento e dos veículos, causando transtornos à população e, assim provocando prejuízos financeiros, de saúde e à mobilidade urbana. O presente artigo tem por objetivo realizar estudos para analisar a viabilidade técnica no âmbito de implantação do concreto permeável de baixo custo e tecnologia simples, afim de

ser utilizado como drenagem urbana, sob influência do clima e tempo, na cidade de Manaus, onde casos catástrofes naturais se agravam a cada ano ocorrendo cada vez com mais frequência.

Palavras-chave: concreto permeável; escoamento; infraestrutura; inundações; precipitações.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das cidades tem contribuído para a geração de eventos de inundação urbana que se repetem e se agravam a cada ano, creditando-se a isso a responsabilidade por 50% do total de vítimas de catástrofes naturais no mundo, entre 1966 e 1990 (Chocat, 1997).

Não é de hoje que o Brasil vem sofrendo com problemas associados a catástrofes naturais, enchentes, alagações, inundações, desmoronamento de terras, soterramentos de casas, caos na mobilidade urbana, dentre outros. Existem fatores que contribuem para que isso ocorra em um nível alarmante, mas um dos principais é a desordenada expansão urbana, o crescimento demográfico e desenfreado da população torna-se um fator que compromete muito à saúde do meio ambiente. A falta de políticas públicas como planejamento urbano e um plano diretor de drenagem faz com que nossa cidade fique em situação calamitosa. O aumento da urbanização com construções de edifícios, casas, calçadas e pavimentação asfáltica, vem tornando gradualmente a impermeabilização do solo. O crescimento urbano e a demanda por vias de tráfego levaram a ocupação de grande parte da superfície com materiais permeáveis, aqueles que conseguiam suprir a necessidade de escoamento superficial de forma a filtrar essa água para o subsolo e leva-las aos lençóis freáticos ou leva-las diretamente a jusante de rios e lagos.

A vazão das águas pluviais escoada superficialmente aumenta a cada nova edificação construída e a cada nova pavimentação feita, fazendo com que essa vazão seja transportada para a rede pública que corta à cidade num tempo bem menor do que ocorreria se tivéssemos por onde escorrer essa água com mais eficiência. O volume e o fluxo das águas pluviais fazem com que ocorra a sobrecarga do sistema de drenagem, provocando alagamentos, enxurradas de forma sinérgica em diferentes pontos da cidade, causando um caos nos pontos de redes de drenagem.

A drenagem urbana é fundamentalmente um problema de alocação de espaços, pois a ocupação e supressão das várzeas que eram utilizadas como áreas de escapes pelos rios e córregos na ocasião das cheias acabam requerendo uma área equivalente ou até maior à jusante (Canholi, 2005).

Paralelamente houve a retirada da camada vegetal, necessária para se evitar o assoreamento dos rios e a impermeabilização do solo em quase toda a bacia, resultando na perda da capacidade natural de infiltração no solo, aumentando o pico de cheias, o tempo de chegada das águas dos rios, o aumento do escoamento superficial, combinado com a ocupação das margens de rios e igarapés agravando o problema de transbordamento de água dos corpos hídricos urbanos.

Os pavimentos permeáveis possuem espaços livres na sua estrutura, possibilitando assim que a água o transpasse com uma certa facilidade. Eles evitam que se forme o escoamento superficial, garantindo que praticamente 100% da água seja infiltrada através de sua estrutura, que por sua vez pode se infiltrar no solo ou ser transportada através de sistemas auxiliares de drenagem.

Toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e as precipitações, faz com que o escoamento seja incrementado e que a infiltração diminua numa mudança de regime de escoamento localmente mais drástica (MAPLU, 2009).

Neste contexto, o artigo tem por objetivo realizar estudos para analisar a viabilidade técnica no âmbito de implantação do concreto permeável de baixo custo e tecnologia simples, afim de combater grandes fluxos de águas decorrentes das águas pluviais na cidade de Manaus, sob influência do clima e tempo, onde casos de alagamentos ocorre com muita frequência.

Acredito que poderá trazer contribuições de grande relevância para a área delimitada no artigo, pois no período de chuvas em Manaus, é visível o quanto à cidade necessita de um plano de gestão voltado para drenagem urbana.

DESENVOLVIMENTO

1. Drenagem urbana e problemas socioambientais

Há séculos a civilização vem transformando o mundo para garantir sua existência para manutenção da vida. O crescimento populacional dos primeiros habitantes aconteceu de forma descontrolada, a escassez de matérias primas e alimentos fizeram o homem evoluir de forma abrupta e, assim procurarem outras formas de subsistência. As primeiras cidades como Ur e Babilônia, que surgiram na Mesopotâmia, no atual Iraque, chegaram a ter de 50 a 80 mil habitantes, números mais do que expressivos para aquela época. Com o passar dos tempos mais cidades foram criadas, atingindo dimensões impressionantes, cidade como Roma, chegou a ter mais de 1 milhão de habitantes, foi quando na idade média que o crescimento desordenado da população começou a caracterizar o retrocesso da urbanização.



Figura 1–Agglomerado de palafitas, bairro Educandos – Manaus, Fonte: www.g1.globo.com, 2012

O crescimento populacional e a industrialização foram os grandes fatores para o desenvolvimento do mundo, mas com eles vieram os vários problemas socioambientais que ocorrem até os dias atuais. A superlotação das grandes cidades, através das imigrações, gerou graves consequências econômicas e sociais em diversos países, sobretudo aqueles em desenvolvimento, devido à rapidez do processo de urbanização e da carência de infraestruturas urbanas (sistema de transportes, de energia, de água, de esgoto, de saúde e de moradia) para atender a todos os habitantes. Segundo a ONU, 30% da população mundial que reside em cidades vivem na absoluta pobreza. Entre 20 milhões e 40 milhões de famílias não têm onde morar e por volta de 920 milhões residem em favelas ou áreas irregulares.



Figura 2 - Igarapé poluído pelo lixo em Manaus, Fonte: Semulsp/Divulgação, 2015



Figura 3-Flagra de mulher poluindo igarapé do São Jorge, em Manaus, Fonte: Márcio Silva, 2012

Outro problema é a falta de postos de trabalho, o que leva 37% dos habitantes das cidades de países em desenvolvimento a trabalhar no setor informal. A esses problemas se somam o trânsito caótico, a alta produção de lixo, a violência, a poluição atmosférica, do solo e das águas, dentre outros. Para os problemas urbanos, de qualquer modo, não existem soluções mágicas, que se possam obter em curto prazo. Isso, se de fato existirem soluções - o que ninguém pode prever. No entanto, uma coisa é certa: o processo de urbanização é irreversível.

Diante do exposto, um problema individual nesse desenvolvimento, mas com várias causas prováveis, vem assolando grandes cidades, são as inundações, enchentes, desmoronamento de terras, descarte irregular de resíduos sólidos, tudo isso causado pela gestão deficiente dos escoamentos pluviais. A vazão das águas pluviais escoada superficialmente aumenta a cada nova edificação construída e a cada nova pavimentação feita, fazendo com que essa vazão seja transportada para a rede pública que corta à cidade num tempo bem menor do que ocorreria se tivéssemos por onde escorrer essa água com mais eficiência. O volume e o fluxo das águas pluviais fazem com que ocorra a sobrecarga do sistema de drenagem, provocando alagamentos, enxurradas de forma sinérgica em diferentes pontos da cidade, causando um caos nos pontos de redes de drenagem.



Figura 4 - Avenida Constantino Nery, em frente da Arena da Amazônia — Fonte: www.g1.globo.com, 2018

A drenagem urbana é fundamentalmente um problema de alocação de espaços, pois a ocupação e supressão das várzeas que eram utilizadas como áreas de escapes pelos rios e córregos

na ocasião das cheias acabam requerendo uma área equivalente ou até maior à jusante (Canholi, 2005).



Figura 5 - Deslizamento de terra no bairro Cidade de Deus em Manaus, Fonte: Defesa Civil AM, 2017

Um planejamento ineficiente do uso do solo, por conta da forma de criação das cidades associadas à explosão demográfica e à escassez de políticas governamentais adequadas para regular o desenvolvimento urbano nas grandes cidades. Por razões históricas, e pela falta de regulação, as áreas de várzea, necessárias para o escoamento e o equilíbrio de grandes corpos hídricos, foram ocupadas irregularmente, provocando uma alteração significativa no curso à jusante de rios e igarapés nas cidades (Polastre e Santos, 2006).



Figura 6 - Deslizamento de terra no bairro Cidade de Deus em Manaus, Foto: Defesa Civil AM, 2017



Figura 7 - Deslizamento de terra no bairro Cidade de Deus em Manaus, Foto: Defesa Civil AM, 2017

A impermeabilização do solo, cidades de concreto e pavimentação asfáltica



Figura 8–Teatro Amazonas, Manaus, Fonte: Manaus Sorriso

O Brasil vem sofrendo com problemas associados a catástrofes naturais, enchentes, alagações, inundações, desmoronamento de terras, soterramentos de casas, caos na mobilidade urbana, dentre outros. Existem fatores que contribuem para que isso ocorra em um nível alarmante, mas um dos principais é a desordenada expansão urbana, o crescimento demográfico e desenfreado da população torna-se um fator que compromete muito à saúde do meio ambiente. A falta de políticas públicas como planejamento urbano e um plano diretor de drenagem faz com que nossa cidade fique em situação calamitosa. O aumento da urbanização com construções de edifícios, casas, calçadas e pavimentação asfáltica, vem tornando gradualmente a impermeabilização do solo. O crescimento urbano e a demanda por vias de tráfego levaram a ocupação de grande parte da superfície com materiais permeáveis, aqueles que conseguiram suprir a necessidade de escoamento superficial de forma a filtrar essa água para o subsolo e leva-las aos lençóis freáticos ou leva-las diretamente a jusante de rios e lagos.



Figura 9 - Avenida Constantino Nery, em frente da Arena da Amazônia — Fonte: www.g1.globo.com, 2019

A criação de prédios residências e comerciais, casas, associadas à pavimentação de jardins e ruas, de fato gera uma camada impermeável continua de grande expansão, que direciona toda água precipitada, rapidamente, para o sistema de escoamento ou para os corpos de água existentes na região, fazendo com que ocorra a ineficiência e o congestionamento desses sistemas, ocasionando o transbordamento por conta de tanta demanda (Agra, 2001).

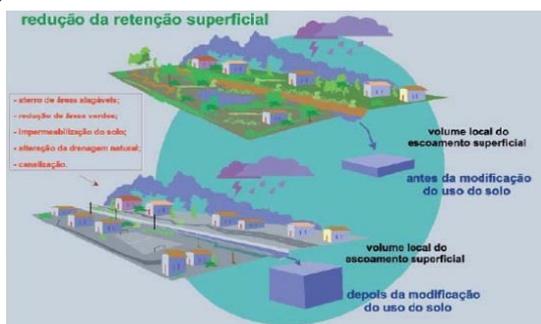


Figura 10 - Processo de urbanização, Fonte: Polastre e Santos, 2006

A crescente impermeabilização do solo, faz com que a bacia hidrográfica perca a sua funcionalidade, pois antes onde havia pontos de detenção natural do escoamento superficial, como terrenos naturais e vegetações que ajudavam a reter parte dessa água também se perderam com essas alterações, havendo a necessidade de instalações de tubulações, retificações de rios e

revestimento de canais, para o gerenciamento dessa água (Tucci, 1995).

Concreto permeável no mundo

As obras de pavimentação têm como principal função absorver e resistir as cargas aplicadas sobre o revestimento bem como obter a capacidade máxima de impermeabilização, garantindo melhor proteção ao solo pavimentado contra umidade, evitando a degradação da área pavimentada.

Com o crescimento populacional em todo mundo, houvesse a necessidade de as cidades evoluírem e se expandirem através do modal rodoviário, fazendo malhas viárias para escoarem suas produções. No entanto, com o crescimento das cidades, a impermeabilização do solo fez aumentar com frequência as inundações urbanas, devido a falta de solo que pudesse fazer o escoamento das precipitações de forma natural. Isso levou a se procurar métodos e técnicas de pavimentação que pudessem ajudar o solo a ter capacidade de drenagem e infiltração anterior à urbanização.

O concreto permeável foi inicialmente aplicado na França nos anos de 1945 – 1950, no entanto sem muito êxito, pois a matéria prima tinha pouca heterogeneidade e trabalhabilidade, com isso não sustentava as estruturas, devido a quantidade de vazios que a possuía. Só no final de 1970, quando os países como EUA, Japão e Suécia voltaram a intensificar técnicas melhorar o desempenho do concreto permeável (Azzout et al., 1994).

No Brasil, a utilização do concreto permeável ainda é lenta, mas vem crescendo gradativamente durante os anos, pois tem contribuído no que diz as legislações municipais relacionadas à infiltração e à permeabilidade do solo. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desenvolve, desde 2007, pesquisas com concreto permeável para uso em pavimentação, como solução para os problemas relacionados à impermeabilização dos solos nos grandes centros urbanos.

No ano de 2009, foi desenvolvido pela Universidade de São Paulo um projeto de pesquisa no qual um estacionamento de aproximadamente 1600m² foi pavimentado de um lado com asfalto permeável, de outro com blocos intertravados de concreto poroso, demonstrando a capacidade de absorção destes com relação ao primeiro, e contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia de concreto poroso.

Em agosto de 2015, o concreto permeável deu mais um passo à frente como sistema construtivo no país com a publicação da NBR 16416 – Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e Procedimentos, que estabelece os requisitos mínimos para projeto, especificação, execução e manutenção dos diferentes tipos de pavimentos permeáveis em concreto. A publicação da norma técnica contribui para que seja assegurada a qualidade deste tipo de pavimentação, incentivando o uso desta tecnologia.

2. Concreto permeável e suas propriedades, porosidade, permeabilidade e resistência a compressão

O concreto permeável ou porous concrete (POC), é um tipo especial de concreto destinado, principalmente para pavimentação bastante utilizado nos Estados Unidos e Europa, é composto por cimento Portland, materiais de gradação aberta, agregado graúdo, pouco ou nenhum fino, aditivos e água (FERGUSON, 2005).

É a mistura de Cimento Portland, agregados graúdos, água e aditivos. Possui a função de reduzir o volume de água referente ao escoamento superficial, integrando-se ao sistema de drenagem urbana e evitando prováveis inundações.

Possui espaços livres em sua estrutura que por sua vez faz com que a água possa ser escoada, podendo assim infiltrar no solo ou até mesmo ser transportada por sistemas auxiliares de drenagem (FERGUSON, 2005).

Em uma estrutura de pavimento permeável genérica, o escoamento infiltra rapidamente na camada de revestimento

poroso de asfalto ou concreto (espessura de 5 a 10 cm, que serve como um "conduto" rápido para o escoamento), atravessa um filtro de agregados de 1,25 cm de diâmetro e espessura de 2,5 cm e segue para uma câmara ou um reservatório de pedras mais profundo com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro. A partir desse reservatório, o escoamento pode ser infiltrado para o subsolo ou coletado por tubos de drenagem e conduzido até uma saída (Araújo et. al., 2000).

O concreto permeável possui alta porosidade devido aos espaços vazios que fazem com que os poros fiquem interconectados, limita-se o teor de finos nos traços do concreto e a pasta de cimento é responsável por garantir a interconectividade dos vazios. Muito utilizado em estacionamentos e áreas de pouco fluxo de veículos ou veículos de pouca carga.

A estrutura de um pavimento permeável deve ser dimensionada considerando as precipitações da região, as características da permeabilidade e suporte do solo e o nível do lençol freático. A velocidade de infiltração de água vai depender muito do tipo de dimensionamento que o projetista irá adotar como as características da camada de amassamento, da sub-base, da base, do subleito e do sistema de drenagem.

O concreto permeável deve possuir granulometria compatível para que a abertura dos poros funcione como passagem para o escoamento da água através da sua estrutura. Deve possuir uma porosidade de 15 a 25%, que é alcançada limitando-se o conteúdo de argamassa entre 20 e 30% e resistência a compressão de 7Mpa aos 28 dias. (Ospina e Erazo, 2007).

Deve-se utilizar brita nº 0, na qual apresenta maior graduação e distribuição granulométrica, geralmente para não obter materiais finos que podem dificultar a passagem da água preenchendo os vazios entre as partículas maiores.

As propriedades do concreto poroso dependem da granulometria, quantidade de cimento, relação água/cimento e quantidade de vazios (Azañedo, Helard e Muñoz, 2007).

A permeabilidade é a propriedade que identifica a possibilidade de passagem de água através do material. Essa passagem pode ser por filtração sob pressão, por difusão através dos condutos capilares e por capilares. (TARTUCE, 1990)

O agregado de um único tamanho favorece a permeabilidade, o agregado com partículas variando entre 9,5mm e 4,75mm produz um aumento na resistência a compressão e diminuição da permeabilidade do concreto poroso, e o agregado bem graduado causaria diminuição das resistências a compressão simples e tração na flexão do concreto poroso. Ainda assim os três tipos de agregados estudados mostraram permeabilidade favorável, e, além disso, pode-se concluir que a adição de materiais finos pode aumentar a resistência do concreto poroso (Lian e Zhuge, 2010)

3.Caracterização dos materiais para a estrutura do concreto permeável

O agregado que compõe toda a parte física da estrutura, exerce grande influência no desempenho e na funcionalidade a que se destina. Sua granulometria pode afetar tanto a permeabilidade quanto a sua resistência, já que quanto maiores quantidades de vazios será menor a sua resistência, mas maior será também a sua permeabilidade.

Segundo Huang et tal., 2009, a graduação do concreto permeável, quanto ao tamanho das suas partículas e a relação massa de agregado por massa de cimento são fatores que afetam diretamente a porosidade, permeabilidade e resistência a compressão.

O cimento mais utilizado para a produção do concreto permeável é o Cimento Portland, podendo ser utilizado outros tipos de cimento, dependendo exclusivamente do tipo de estrutura a ser fabricada. Geralmente usa-se cimentos especiais

variando o tipo de pavimento mais indicado a ser utilizado no solo.

Um grande consumo de cimento irá produzir um concreto mais resistente, por outro lado reduz a porcentagem de vazios interconectados entre si, perdendo sua capacidade de infiltração. Recomenda-se utilizar consumo de cimento entre 270 kg/m^3 e 415 kg/m^3 para seguir os requisitos de resistência e permeabilidade (Azañedo, Helard e Muñoz, 2007).

A relação água e cimento (a/c) possui uma especificidade um tanto complexa, já que grande quantidade de água utilizada na produção faz com que a estrutura perca a resistência.

A água utilizada na produção do concreto tem duas funções principais: reagir quimicamente com as partículas de cimento e controlar a trabalhabilidade. A quantidade de água tem grande influência nas propriedades da mistura. No estado fresco, uma pequena quantidade de água resulta em uma massa sem consistência e com baixa resistência e uma grande quantidade de água gera uma pasta que sela os vazios e que lava o cimento da superfície do agregado, produzindo uma baixa resistência ao desgaste superficial (Azañedo, Helard e Muñoz, 2007).

Aditivos são substâncias acrescentadas ao concreto para melhorar suas propriedades como resistência mecânica e durabilidade. Aditivos químicos geralmente são encontrados na forma líquida e são adicionados ao concreto em pequenas quantidades (FERGUSON, 2005).

Os tipos de aditivos utilizados para a mistura do concreto permeável são os redutores de água, que melhoram a trabalhabilidade e dão maior resistência, o controlador de hidratação, que aumenta o tempo de pega e o modificador de viscosidade, que também tem a função de melhorar a trabalhabilidade e possui menos segregação do material.

4. Processo de fabricação

De acordo com a NBR 12655 (2001) a dosagem empírica pode ser realizada para concretos da classe C10 com consumo mínimo de 300 quilogramas de cimento por metro cúbico. Para essa dosagem estabeleceu-se o consumo de 420 quilogramas de cimento por metro cúbico de concreto. Como não há método de dosagem normalizado, para determinar o traço usou-se como base a relação água/cimento e o consenso entre a maioria dos trabalhos anteriores que indicam que as maiores resistências são obtidas a partir das composições 1:4 e 1:3 (cimento: agregado). Para determinar a relação água/cimento utilizamos o mínimo encontrado na revisão bibliográfica para que pudéssemos produzir uma maior resistência, tendo em vista que, a relação água/cimento e a resistência a compressão são inversamente proporcionais. Utilizou-se de materiais abundantes na cidade de Manaus, brita zero de rocha de micaxisto e cimento Portland CP II F-32.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pavimentos permeáveis além de promoverem diretamente o amortecimento da água de escoamento superficial, melhoram a qualidade das águas pluviais urbanas e atuam como reservatório para aproveitamento da água de escoamento superficial para fins não potáveis (Gomes et al. 2010).

A utilização de pavimentos permeáveis ainda é carente de informações referentes ao seu desempenho mecânico. Além disso, para popularização dessa alternativa no meio técnico informações referentes a aspectos de durabilidade do dispositivo devem ser contempladas nas pesquisas as quais devem conciliar os fatores mecânicos da camada de revestimento e geotécnicos da camada de base além dos critérios hidráulicos- hidrológicos já difundidos.

O sistema de pavimentação permeável ainda é pouco utilizado no Brasil, mesmo sendo uma solução simples e de

ótimo custo benefício, além de diminuir ou eliminar o escoamento superficial, permitindo um aproveitamento mais eficiente da área construída, reduzindo as enchentes causadas pelas chuvas, protegendo rios e igarapés contra a contaminação das águas pluviais, restabelecendo os lençóis freáticos levando oxigênio as raízes da vegetação, promovendo ganho ambiental e econômico em áreas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A.(2000). Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.
2. PINTO, C. Curso básico de mecânica dos solos. Oficina de textos. 2ª edição. São Paulo, 2008
3. BAPTISTA, M.B; NASCIMENTO, N.O; SOUZA, V.C.B; COSTA, L.S.G.(1998). Utilização de Tecnologias compensatórias no projeto de um sistema de drenagem urbana.
4. FERGUSON, B. K. Porous Pavements. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Peças de concreto para pavimentação Especificação. NBR 9781. Rio de Janeiro, 1987.
6. ABESC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. Sistemas Construtivos Pavimentos Permeáveis, 2019.
7. ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, Conceitos e Requisitos para Pavimento de Concreto Permeável, 2019.
8. <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/cidades-historia-e-problemas-da-urbanizacao.htm>

9. NBR NM 45– Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, OSPINA, C. M. M, ERAZO, C. H. B. Resistencia mecánica y condiciones de obra del concreto poroso en los pavimentos según El tipo de granulometría. Medellín, 2007.
10. AZAÑEDO, W.H.M., HELARD, C.H., MUÑOZ, R.G.V., Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria, cemento pórtland tipo i con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos, en la Ciudad de Cajamarca, Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.