

POTENCIAL REATIVO ÁLCALI-AGREGADOS DE GRANITOIDES DA REGIÃO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA .

Zwirtes, S.¹; Hammes, D.F.¹; Sander, A.^{1,2}; Camozzato, E.^{1,2}

¹Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Porto Alegre – Serviço Geológico do Brasil

²Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS/São Leopoldo – Escola Politécnica

CONCRETO E REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (RAA)

O **concreto**, principal destino da rocha britada, é um dos materiais mais utilizados no mundo para a construção civil. A durabilidade das estruturas, porém, está ligada aos materiais, processos construtivos, propriedades físicas e químicas, tipos de sollicitações e condições de exposição.

Vários são os processos de deterioração deste material, dentre os quais aqui se destaca a reação álcali-agregado (RAA), resultante da reação de alguns minerais, como os: 1) de estrutura amorfa do grupo da sílica (opala, calcedônia, cristobalita, tridimita); 2) minerais de quartzo deformado e/ou recristalizado; 3) do grupo dos silicatos (vermiculita, illita, esmectita); e 4) do grupo dos carbonatos (dolomita).

As reações são de três tipos:

- Reação álcali-sílica (opala, calcedônia, crisobalita, vidro vulcânico, etc.);
- Reação álcali-silicato (mais lento, com minerais reativos disseminados na matriz (quartzo deformado e/ou recristalizado); e
- Reação álcali-carbonato.

A RAA ocorre devido ao processo químico que provém da reação de alguns minerais presentes no agregado com os álcalis presentes no cimento, água de amassamento e agentes externos, os quais estão dissolvidos na solução dos poros do concreto.

Trata-se de uma reação ácido-base com a formação de um gel sílica-alcálico, resultando no surgimento de expansões que podem originar fissuras, aumento de permeabilidade, diminuição da resistência física e química, influenciando na durabilidade das estruturas. O gel é usualmente transparente e resinoso e, sendo higroscópico, expande com a presença da umidade, podendo causar tensões de até 11 MPa, provocando rupturas internas no concreto por tração.

Em virtude de a reação exigir umidade, os setores mais ocupados com o problema são os das construções de barragens, de obras viárias como pontes, viadutos e pavimentos rígidos de concreto por utilizarem grande volume de material em constante contato com a umidade.

A **Região da Grande Florianópolis (RGF)** engloba 22 municípios, a maioria estabelecidos sobre litologias do Escudo Catarinense, especialmente granitoides do Batólito Florianópolis e, em menor área, sobre metamorfitos do Complexo Brusque. Rochas sedimentares da Bacia do Paraná afloram no oeste da RGF; enquanto os sedimentos cenozoicos da Planície Costeira afloram na totalidade da porção litorânea da RGF.

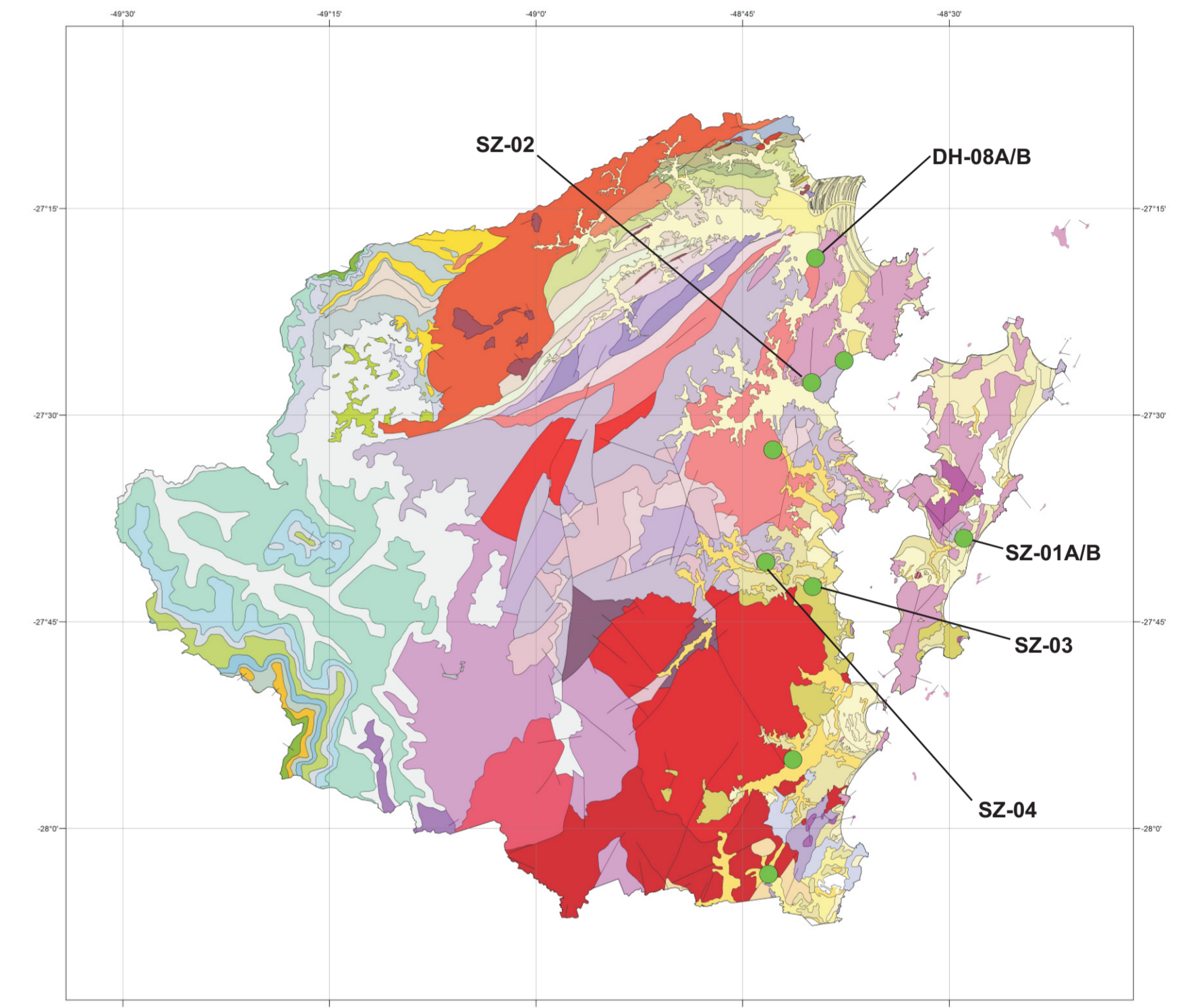
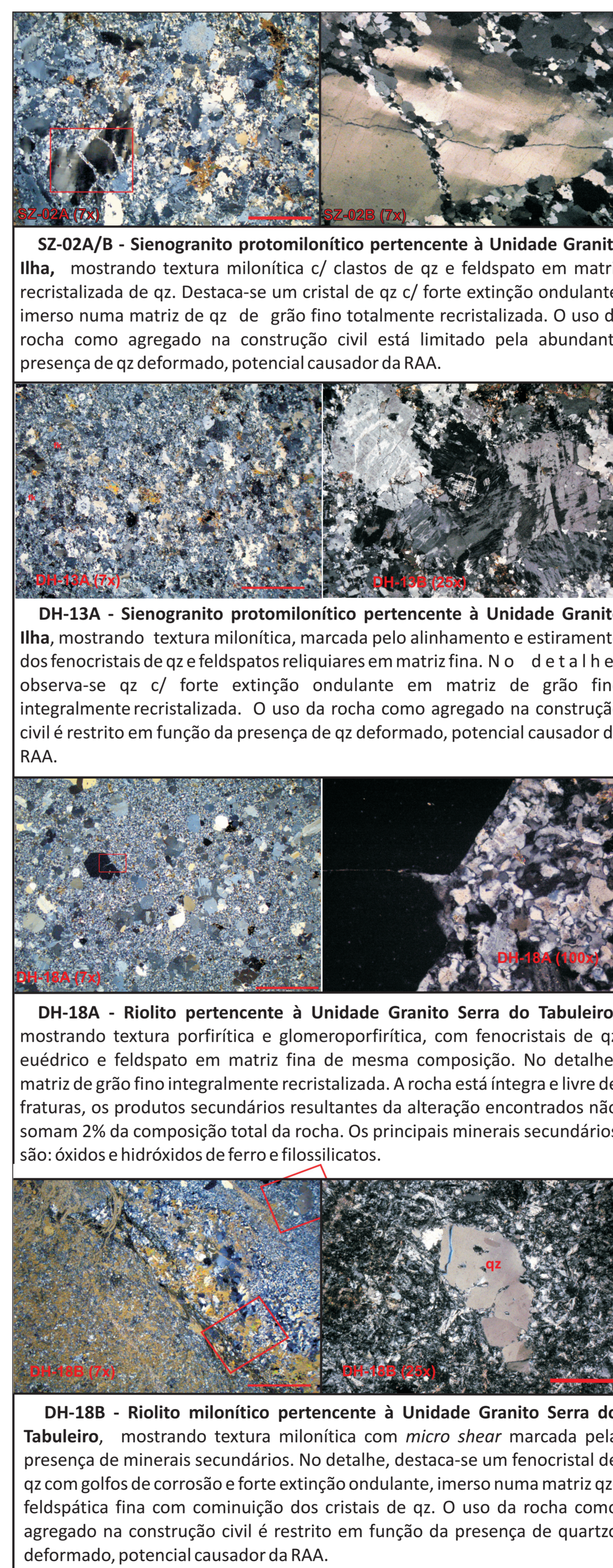
Os granitoides do Batólito Florianópolis englobam rochas graníticas e septos do embasamento metamórfico (Formação Queçaba e Complexo Águas Mornas) que se limitam do Complexo Brusque através de Zona de Cisalhamento Transcorrente Major Gercino, caracterizada por litologias significativamente deformadas.

O **Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis**, executado pela SUREG-PA da CPRM em 2014/2015 objetivou: 1) produzir um diagnóstico do setor da mineração visando fornecer dados que estimulem a atividade mineira de forma sustentável; 2) verificar a qualidade dos insumos; 3) subsidiar preliminarmente a formulação de políticas públicas; e 4) planejar a minimização dos impactos ambientais que a atividade pode provocar.

A produção de brita na RGF está essencialmente relacionada com litologias quartzo-feldspáticas do Batólito Florianópolis e, neste contexto, é relevante a extração de rochas para brita no granitos **Ilha** e **Serra do Tabuleiro** e na **Suíte Pedras Grandes**, que englobam stocks/batólitos de granitoides alcalinos e, ainda, rochas subvulcânicas, vulcânicas e diques ácidos.

	SZ-01A - Sieno-granito pertencente à Unidade Granito Ilha , apresentando cristais de grão médio a fino de qz, ortoclásio (fk), plagioclásio (pl) e palhetas de biotita (bt). Ambos os feldspatos estão turvos pela alteração. Embora a rocha apresente alguma alteração, esta não compromete sua estrutura, pois o percentual de minerais máficos, mais afetado pela alteração, é baixo. Não foram encontrados minerais solúveis ou reativos. Sendo assim a rocha não encontra restrições para o uso como agregado da construção civil.
	SZ-01B - Dique máfico encaixante na Unidade Granito Ilha , apresentando textura intergranular fina, e composta essencialmente de prismas de plagioclásio (pl) e clinopiroxênio (px). Apesar das evidências de atividade hidrotermal, a rocha está coerente, conservando suas principais características mineralógicas, texturais e estruturais. A presença de minerais secundários e fraturamentos não comprometem a estrutura da rocha pois o argilomineral está restrito aos domínios de matriz (5% do volume) e fraturamentos, e não ocorrem deslocamentos no plano de fratura.
	DH-14 - Milonito granítico pertencente à Suíte São João Batista, relacionado ao Cinturão Metavulcanos-sedimentar do Terreno Tijucas , mostrando textura milonítica com fenocristais de feldspato envelopados por ribbons de qz, e níveis de filossilicatos que contornam os grãos. O uso da rocha como agregado na construção civil é restrito em função da presença de quartzo deformado, potencial causador da RAA.
	SZ-03 - Sienogranito pertencente à Unidade Riolito Cambirela , mostrando textura equigranular hipidiomórfica de grão médio a grosso, com abundantes cristais de ortoclásio perítico (fk), qz, plagioclásio (pl) e biotita (bt). Embora a rocha apresente alguma alteração, esta não compromete sua estrutura, pois o percentual de minerais máficos afetados pela alteração é baixo, e não foram encontrados minerais solúveis ou reativos.
	SZ-04 - Granodiorito pertencente à Unidade Tonalito Forquilha , mostrando textura poiquilitica com máficos (hornblenda e biotita) incluídos em feldspato. O plagioclásio encontra-se fortemente zonado e o qz ocorre de forma intersticial. Embora a rocha apresente alguma alteração, esta não compromete sua estrutura, o percentual de máfico, mineral mais afetado pela alteração, é baixo e não foram encontrados minerais solúveis ou reativos. Sendo assim a rocha não encontra restrições para o uso como agregado da construção civil.
	DH-08A - Leuco-sienogranito protomilonítico, pertencente à Unidade Granito Ilha , mostrando textura protomilonítica sobreposta à textura equigranular hipidiomórfica de grão médio a grosso, com abundantes cristais de ortoclásio perítico (fk), plagioclásio (pl) e qz com extinção ondulante. O uso da rocha como agregado na construção civil é restrito em função da presença de quartzo deformado, potencial causador da RAA.
	DH-08B - Riolito milonítico pertencente à Unidade Granito Ilha , mostrando textura milonítica, marcada pelo alinhamento e estiramento dos fenocristais de feldspatos reliquias e de qz apresentando golfos de corrosão e forte extinção ondulante, em matriz fina de composição qz-feldspática. O uso da rocha como agregado na construção civil é restrito em função da presença de quartzo deformado, potencial causador da RAA.

Fotomicrografias das amostras coletadas na RGF, analisadas pela petrografia, indicando a presença, ou não, de minerais potencialmente reativos quando utilizados em concretos.



Mapa Geológico da Região da Grande Florianópolis, mostrando os locais de coleta das amostras de granitoides analisadas.

ASPECTOS MINERALÓGICOS DA SÍLICA

Na natureza, o SiO₂ ocorre principalmente como mineral de quartzo, de ligações atômicas fortes, estrutura densa e relativamente não reativo na presença da maioria dos ácidos ou álcalis.

Todos os agregados reativos possuem SiO₂ como maior componente, além de uma estrutura cristalina “aberta” e com defeitos. Quanto mais desorganizada (menos cristalina) e instável for a estrutura dos minerais que compõem um agregado, mais reativo será este. Quanto à sua reatividade aos álcalis, em ordem decrescente, encontram-se os minerais com estrutura amorfa (opala e vidro), microcristalina a criptocristalina (calcedônia), metaestável (tridimita e cristobalita) e cristalina (quartzo e feldspato deformados e filossilicatos alterados).

A quantificação do grau de deformação tem sido utilizada como forma de avaliação da potencialidade reativa do quartzo com os álcalis presentes no concreto. Difíceis de serem caracterizados por difração de raios-X, podem ser detectados por análises petrográficas. A deformação do quartzo reflete-se sob a forma de extinção ondulante dos cristais em lâmina delgada, quando analisados no microscópio de luz polarizada.

A quantidade de sílica reativa em uma rocha, necessária para produzir efeitos deletérios por RAA, é muito pequena, ou seja, apenas 2% de componentes reativos são suficientes para, em certos casos, provocar severos danos ao concreto.

As avaliações em campo associadas com a petrografia e os ensaios de caracterização tecnológica das litologias quartzo-feldspáticas coletadas nas áreas de produção de agregados na RGF resultaram nos seguintes resultados: i) **protomilonitos e milonitos derivados de granitos, pseudotaquilitos e gnaisses graníticos, todos contendo quartzo deformado, cuja descrição microscópica seria suficiente, na maioria dos casos, para caracterizar alto potencial de reatividade e, por consequência, sua utilização no concreto como inapropriado;** e ii) **sieno- e monzogranitos, riolitos, granodioritos e tonalitos sem a presença de quartzo deformado e/ou recristalizado, adequados para a utilização em concreto.**



Fotografias mostrando o resultado da Reação Álcali-Agregado em estruturas de concreto.

Análises petrográficas efetuadas para o **Projeto Materiais para Construção Civil da RGF** enfatizaram o reconhecimento e descrição de parâmetros mineralógicos, texturais e estruturais que caracterizam a reatividade potencial de agregados, entre os quais granulometria; deformação dos minerais com ênfase no quartzo; e presença de sílica amorfa (ou micro/criptocristalina). Os resultados dessa análise demonstraram quantidade importante de amostras com deformação significativa do quartzo, inadequadas, portanto, para utilização em concreto.