

Avaliação da Evolução do Uso do Solo nas Unidades de Paisagem no Reservatório da Usina hidrelétrica Cana Brava - Goiás, Brasil

Francisco H. Oliveira ¹
Gustavo S. Postiglione ²
Ronan M. Prochnow ³

Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC
Laboratório de Geoprocessamento Geolab - Florianópolis SC

¹chicoliver@yahoo.com.br

²gutoeb@gmail.com

³ronan_max@hotmail.com

RESUMO: A delimitação e caracterização das unidades de paisagens são etapas importantes no planejamento do território, pois podem indicar fragilidades e potencialidades de uso e ocupação humanas de uma determinada região. O conhecimento da estrutura e do funcionamento das paisagens permite um melhor aproveitamento de seus recursos e a adaptação de infra-estruturas, edificações, cultivos entre outros e ainda pode evitar a ocupação de áreas de risco naturais ou frágeis do ponto de vista ambiental. O uso de imagens orbitais de alta resolução espacial tem sido cada vez mais utilizadas para definir unidades de paisagem a partir de ferramentas de sensoriamento remoto e da experiência do intérprete. O método baseia-se no emprego das imagens Quickbird com 61 centímetros de resolução espacial no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava situada no ecossistema de cerrado no estado de Goiás, Brasil. Na primeira fase do projeto foram identificadas e delimitadas as unidades de paisagem de acordo principalmente com as características geomorfológicas e de clima, geologia e pedologia da área de estudo. Em seguida as imagens foram empregadas para a identificação temporal das mudanças no uso do solo através da comparação de séries imageadas no ano de 2004 e 2009. Esta análise foi realizada na área de abrangência de cada unidade de paisagem previamente delimitada. Como resultado obteve-se a variabilidade de elementos do ambiente, ou seja, diferentes unidades de paisagem foram encontradas na imagem de satélite da área de estudo. A imagem de satélite de alta resolução espacial se mostrou adequada para a identificação e caracterização de paisagens no ambiente de cerrado, permitindo um primeiro levantamento de suas potencialidades e fragilidades frente à ocupação humana.

PALAVRAS CHAVE: Sensoriamento Remoto, Unidades de paisagem, Uso e ocupação do solo, Geomorfologia

ABSTRACT: The delimitation and definition of landscape units are important stages in the planning of territory, therefore they can indicate the frailties, potential uses and potential human occupation of a given region. Knowledge of the structure and functioning of a landscape unit allows for a better utilization of its resources and assists in the development of infrastructure, construction, and the cultivation of the land among others things, and can also prevent the occupation of areas with natural hazards and environmentally fragile areas. The use of orbital images of high spatial resolution has been increasingly utilized to define units of land using remote sensing tools and the user's interpretation. The present work looks at Quickbird images with 61 centimeters of spatial resolution in accordance with the landscapes around the Cana Brava hydroelectric plant reservoir, situated in the *cerrado* ecosystem in the Goiás State, Brazil. In the first instance, the images were used for the identification and delimitation of landscape units principally in accordance with the geomorphological characteristics and the climate, geology, and pedology of the study area. In the second instance, the images were used to identify temporal changes in the use of land through the comparison of a series of images from the year 2004 to the year 2009. This analysis was performed in the range area of every previously defined landscape unit. In accordance with the variability of environmental elements, different units of land are found in the satellite image of the studied area. The high resolution spatial satellite image adequately allows for the identification and definition of land in the *cerrado* environment, permitting an initial understanding of its potential uses, frailties and dangers resulting from human occupation.

KEYWORDS: Remote Sensing, Landscape Units, Soil use and occupation, Geomorphology

A ABORDAGEM DA PAISAGEM COMO SISTEMAS AMBIENTAIS

O conceito de paisagem é uma das categorias de análise do espaço geográfico, objeto da Ciência Geográfica. Uma primeira abordagem do espaço geográfico utilizando a categoria paisagem seria a “descrição do que a vista abarca”. Os naturalistas do século XIX elaboravam descrições minuciosas, criteriosas e sistemáticas dos lugares que estudavam (MAXIMIANO, 2004).

Com o passar dos anos, inúmeros cientistas continuaram a definir o conceito de Paisagem na Geografia, o que fez com que surgissem diversas abordagens. Na primeira metade do século XX, influenciados pela geografia alemã, muitos geógrafos viam a paisagem como um conjunto de fatores naturais e humanos. (SCHIER, 2003). Carl Sauer ressaltou a importância da cultura no estudo das paisagens, ou seja, “a marca da existência humana em uma área”, de acordo com Maximiano (2004, p. 87).

A Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida por Ludvig Von Bertalanffy, foi aplicada a Ciência Geográfica a partir dos 1950, enfatizando a visão integradora e funcional dos elementos da paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1978). Bertalanffy (1975) definiu que somente as partes de um sistema não formam um todo, mas é preciso levar em consideração também as inter-relações entre estas partes.

As paisagens a partir de então foram estudadas como um conjunto de elementos e suas inter-relações, apresentando uma estrutura e uma dinâmica. Sendo assim, a compreensão da paisagem envolve interações entre geologia, geomorfologia, hidrografia, clima, fauna e flora, o uso do solo, entre outros.

A partir da Teoria dos Sistemas, Sotchava criou o termo Geossistema (SOTCHAVA, 1977), que é uma dimensão do espaço terrestre onde seus componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, congregando fatores sócio-econômicos. Para Bertrand (1972), o geossistema está inserido em níveis hierárquicos de divisão do espaço geográfico maiores, como zona, domínio e região e contém no seu interior subdivisões, as quais são os geofácies e os geotopos. Para esse autor, o geossistema é uma unidade espacial de ordem dimensional situada entre algumas dezenas a centenas de Km².

A determinação de uma dimensão espacial para os geossistemas e sua necessária inserção em classes hierárquicas mais elevadas, como a zona, domínio e região, podem ser difíceis de trabalhar enquanto arcabouço metodológico, pois a diversidade de ambientes em diferentes zonas climáticas e estruturais do globo não se encaixa neste modelo rígido desenvolvido por Bertrand (1972).

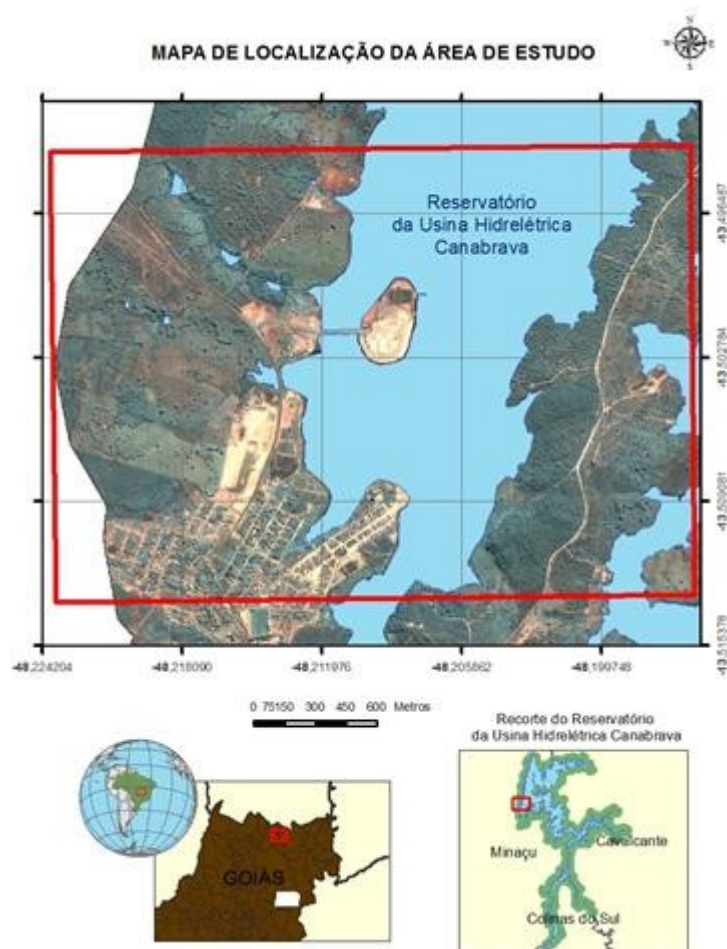
Ainda utilizando a abordagem sistêmica, muitos autores realizam estudos das paisagens delimitando e caracterizando unidades funcionais que podem ser chamadas de: “unidades de paisagens”, “Unidades Geoambientais” ou mesmo “Geossistemas”, mas sem o uso do critério de tamanho ou inserção em unidades maiores e subdivisões.

As Unidades de Paisagem podem conter certa subjetividade, como aponta Venturi (1997), pois os elementos da paisagem a serem analisados e relacionados modificam-se de acordo com os objetivos do estudo, assim como a escala, ou nível de detalhamento necessário. Não obstante, o uso de unidades de paisagem não perde valor como método, pois é adequado de acordo com os fins em questão.

O conhecimento da estrutura e do funcionamento das paisagens permite um melhor aproveitamento de seus recursos e a adaptação de infra-estruturas, edificações, cultivos entre outros e ainda pode evitar a ocupação de áreas de risco naturais ou frágeis do ponto de vista ambiental (DIAS, 2000).

ÁREA DE ESTUDO - USINA HIDRELÉTRICA CANA BRAVA

A Usina Hidrelétrica de Cana Brava está instalada no Rio Tocantins, no norte do estado de Goiás – Brasil. O empreendimento entrou em operação em setembro de 2002 e possui 450 Mega Watts de capacidade instalada. Seu reservatório possui 139 Km² de área inundada, com um volume de 2,3x10⁹ m³ d'água, abrangendo os municípios de Minaçu, Cavalcante e Colinas do Sul, todos no estado de Goiás.



QUADRO 1 - Mapa de localização da área de estudo (Elaboração: Geolab UDESC/Faed)

A usina e seu reservatório se situam em uma área de clima tropical continental, com chuvas mal distribuídas, segundo Silva et al. (2006), o estado de Goiás apresenta um período chuvoso que ocorre de outubro a abril e outro seco entre maio e setembro, tendo dezembro e janeiro como a época mais chuvosa, abarcando próximo de 95% de toda a precipitação. A média anual de precipitação para a área da Usina é de aproximadamente 1.400 a 1.500 mm segundo dados da estação pluviométrica de Minaçu. As temperaturas mínimas anuais são de 18 a 19 °C e as máximas ficam em torno dos 30 °C (ALMEIDA et al., 2006).

Almeida et al. (2006) descreve na área compreendida pelo reservatório da UHE Cana Brava, as seguintes formações: Grupo Paranoá, Complexo Máfico e ultramáfico Cana Brava, Complexo Rio Maranhão, Grupo Serra da Mesa e Grupo Arai. São rochas magmáticas e metamórficas de graus variados de metamorfismo. Ocorrem gabros, metagabros, metadunitos, metapiroxenitos e metaperidotitos no Complexo Máfico e ultramáfico Cana Brava, segundo Almeida et al. (2006). E entre as rochas metamórficas ocorrem metarritmos, quartzitos, conglomerados, micaxistos, mármore, entre outras (NASCIMENTO, 1991).

Sobre as rochas metamórficas e magmáticas descritas anteriormente se desenvolvem diferentes compartimentos de relevo de acordo com Latrubesse et al. (2006), sendo eles: O compartimento de relevo desenvolvido sobre as braquianticlinais corresponde entre outras serras, a Serra da Mesa e a Serra Dourada e está situado a sudeste na área de estudo. As braquianticlinais são estruturas de rochas dobradas com domos no seu interior criados por intrusão de rochas intrusivas plutônicas (LATRUBESSE et al. 2006).

O compartimento de Morros e Colinas ocorre a nordeste na área de estudo e corresponde a um conjunto de elevações formadas por rochas mais resistentes a erosão sem controle estrutural aparente que se destaca sobre a monotonia da paisagem da Superfície Regional de Aplainamento IV A (LATRUBESSE et al. 2006). O compartimento de Relevo de Morros e Colinas com dissecação forte e seguindo forte controle estrutural ocorre a sudeste da área de estudo e se desenvolve sobre rochas metamórficas resistentes e

fortemente deformadas.

O compartimento da Superfície Regional de Aplainamento IV A corresponde a grande parte da extensão da área de estudo e se caracteriza por uma superfície com fraca dissecação, esculpida por processos mecânicos ou químicos (ectchplanção) situada entre as cotas de 400 a 550 m de acordo com Latrubesse et al. (2006). É possível encontrar neste compartimento de relevo concreções ferruginosas e capas lateríticas, além de material friável derivado do intenso intemperismo pelo qual passaram as rochas locais.

De acordo com o mapeamento realizado por Almeida et al. (2006), a área de estudo apresenta solos pouco desenvolvidos do tipo cambissolo e neossolo litólico. O cambissolo é um solo pouco profundo com horizontes A, B pouco desenvolvido e C. A área de estudo possui textura cascalhenta e por isso são solos bem drenados. Dependendo da rocha de origem podem ser distróficos ou eutróficos. O Neossolo Litólico é um solo pouco profundo e apresenta horizonte A sobre R, e por isso apresenta textura cascalhenta ou pedregosa. Pequenas manchas de argissolos, solos mais profundos e com horizontes A B e C, podem ocorrer associadas com cambissolos em áreas com maior intemperismo das rochas, como em encostas de vales mais amplos. É possível encontrar na área de estudo afloramentos rochosos, principalmente associados às cristas desenvolvidas sobre rochas metamórficas resistentes em estruturas de dobras.

Devido às características ambientais de clima tropical continental com alternância de estação úmida e seca, e de solos lixiviados pouco férteis, se desenvolve na área de estudo o Bioma do Cerrado. Contudo, a variação na fertilidade, acidez e espessura do solo, associados ao relevo de superfícies aplainadas ou fortemente onduladas ou vales amplos criam condições para o aparecimento de diferentes formações dentro do bioma de cerrado. São encontrados na área de estudo campos limpos, campos cerrados, cerradão e matas galerias, as quais acompanham os cursos d'água em vales mais amplos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O recurso básico utilizado para delimitar as unidades de paisagem e realizar a consequente avaliação da evolução temporal do uso dos solos foram as imagens de alta resolução espacial Quickbird, as quais foram imageadas no ano de 2004 e 2009. Estas imagens possuem resolução espacial de 61 cm. A escala de mapeamento das unidades de paisagem sobre as imagens foi de 1:10.000.

Estas imagens foram adquiridas prontas para aplicação, ou seja, ortorretificadas e tratadas digitalmente em software de Processamento Digital de Imagens - PDI.

A escolha destas imagens para a pesquisa teve como ponto de partida a alta resolução espacial que facilita a interpretação das feições sob análise e o custo agregado. As imagens de alta resolução, via de regra, melhor ressaltam os elementos na paisagem os quais seriam alvo de investigação conciliados ao uso do solo de gênese antrópica.

Além das imagens de satélite, outras bases cartográficas foram necessárias. Para a caracterização do substrato físico, foram empregados arquivos de extensão shapefile (.shp) adquiridos junto a empresa Tractebel Energia via projeto de pesquisa intitulado "Sistema Especialista Sócio Patrimonial e Ambiental em Áreas de Barragens SIG-SOPA", como é o caso das curvas de nível com equidistância de 5m e o arquivo vetorial geodatabase contendo as informações do uso dos solos no entorno do reservatório dividido em classes no formato (.mdb). Do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás - SIEG - Brasil, foram adquiridos mapas de pedologia, geomorfologia e geologia em escala 1:1.000.000.

Todas as informações geográficas, tanto raster quanto vetorial, estão geodesicamente referenciadas no South American Datum - SAD 69 e atreladas ao Sistema de Coordenadas Planas UTM, Zona 22, Hemisfério Sul.

Para testar o uso das imagens na delimitação e descrição de unidades de paisagem foi escolhido um recorte na área da imagem junto a cidade de Minaçu. Este local foi escolhido em função das diferenças de paisagens visíveis na imagem, inclusive com a possibilidade de diversos usos da terra e cobertura vegetal.

As unidades de paisagem foram delimitadas a partir da análise integrada da geomorfologia, litologia, solos, clima, vegetação e, por fim, uso do solo. As diferentes formas de combinação desses elementos se materializam como espaços morfológicos e fisionomicamente distintos.

Para realizar a análise foram estruturados no software Arcgis versão 9.3, a imagem de satélite e os mapas temáticos na forma de camadas (layers), o que possibilitou a comparação em separado ou em conjunto das feições e variáveis ambientais que caracterizam cada unidade de paisagem em especial. No sistema computacional foram então criados polígonos delimitando cada unidade de paisagem identificadas as quais

foram nomeadas de acordo com as características físicas predominantes.

As curvas de nível, sobrepostas ao mosaico de imagens, permitiram a extração de informações detalhadas de altimetria do terreno e caracterizaram-se como as principais fontes de informação para a delimitação das unidades. A escala de mapeamento estipulada foi 1:10.000 haja vista a resolução espacial das imagens, 61 cm.

Identificadas e delimitadas as unidades de paisagens, foram empregados o geodatabase contendo informações de uso do solo vetorizadas e as séries imageadas dos anos de 2004 e 2009 para identificar as alterações temporais no padrão do uso dos solos.

Foi avaliada a evolução do acréscimo de área ocupada em m² das diferentes classes de uso do solo levantadas para a área de estudo, sendo elas: assoreamento, áreas urbanas, banhados, corpos d'água, campo cerrado, campo limpo, cerradão, edificações, mata ciliar, solo exposto e sistema viário.

Por fim, as informações levantadas foram tabuladas, quantificadas e representadas em forma de gráficos e mapas.



QUADRO 2 - Fluxograma da metodologia - Fonte: Geolab UDESC/Faed

RESULTADOS

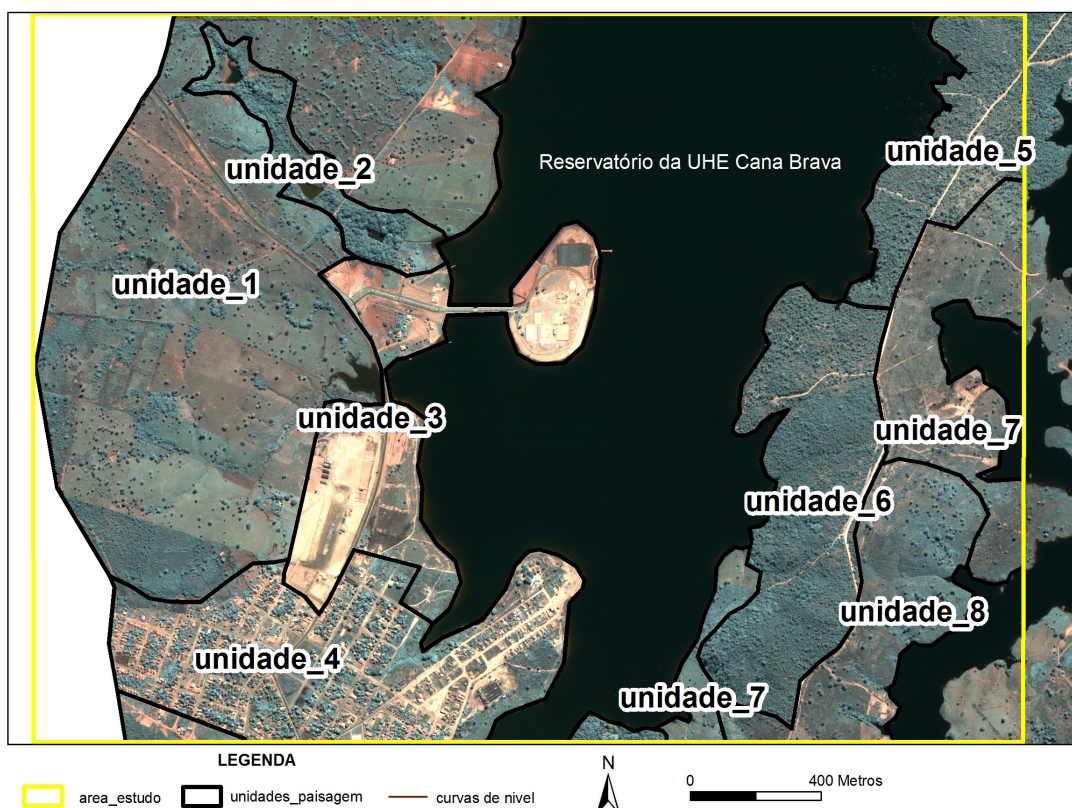
A partir da observação direta da imagem de satélite e do seu cruzamento com a informação altimétrica, obteve-se o esclarecimento sobre as formas de relevo, bem como sobre os dados de geologia e solos. Dessa forma, foram delimitadas e caracterizadas oito unidades de paisagem no recorte previamente escolhido na imagem. As unidades identificadas estão inseridas no mesmo compartimento de relevo, apresentando uma superfície de aplainamento IV A, segundo Latrubesse e Carvalho (2006).

Para realizar a avaliação temporal da evolução do uso dos solos é necessário ressaltar a adequabilidade do emprego das imagens orbitais de alta resolução espacial, para este estudo de caso, como subsídio a identificação e quantificação das mudanças no quadro natural, em especial aquelas que resultam de atividades antrópicas.

A “qualidade da vetorização” e a conseqüente habilidade e experiência do intérprete não constituem fatores avaliados neste trabalho. Desta forma, foram discutidos neste trabalho os resultados na forma de valores absolutos, sem considerar os fatores motivadores dos mesmos.

A classe assoreamento não foi considerada nas análises por não ser entendido neste trabalho um uso do

solo propriamente dito, e a classe sistema viário somente foi considerada na interpretação da imagem de satélite, mas não foi quantificada por falta de dados, uma vez que esta classe foi vetorizada com figuras geométricas representadas por linhas e polígonos.

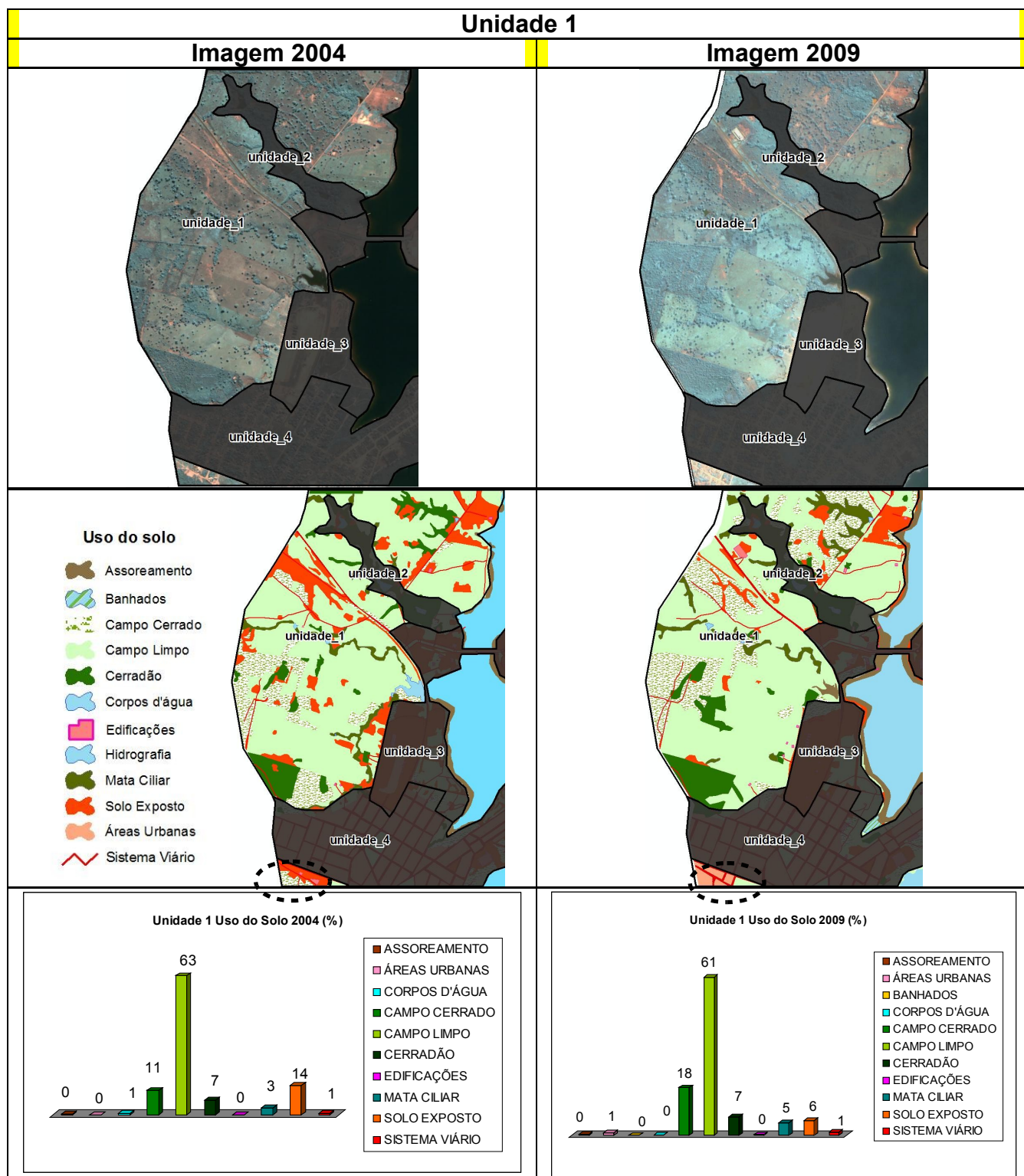


QUADRO 3 - Unidades de paisagem delimitadas e nomeadas sobrepostas às curvas de nível com intervalos de 5m e sobre a imagem Quickbird - Fonte: Geolab UDESC/Faed)

unidade 1 - Esta unidade é composta por elevações com topos aplainados e encostas suaves, geralmente convexas. Possui vales abertos e pouco profundos. Estas formas de relevo são modeladas em rochas do tipo Metanorito e Metagabro. Estas rochas podem produzir solos férteis, contudo, eles são muito lixiviados, possivelmente pela sua idade. A textura do solo é média a arenosa e cascalhenta. por seu alto teor de ferro devido a composição das rochas de origem pode desenvolver crosta lateríticas. A cobertura vegetal original era de formação de cerrado arbóreo (cerradão), contudo a vegetação original foi retirada nessa unidade e há somente manchas de vegetação mais densa junto aos leitos de rios. No restante da área, há solo exposto e vegetação de porte herbáceo, a qual é um estágio inicial de regeneração do cerrado. Na imagem, é possível observar que solos expostos podem ter a coloração vermelha ou branca. a cor branca pode indicar a remoção de finos do solo. A exposição do solo, principalmente o sem finos, pode levar a erosão laminar e em sulcos. A **unidade 4** - corresponde as mesmas características da unidade 1, contudo o uso da terra é diferente, pois tem-se aqui a zona de expansão urbana da cidade de Minaçu. Na unidade 4, é possível perceber solo exposto com o traçado de arruamentos de loteamentos urbanos.

A análise comparativa da unidade de paisagem 1 mostrou que para a área compreendida por esta unidade a mudança mais sensível foi a alteração na cobertura vegetal dos solos que resultou num acréscimo de área com solos expostos e o surgimento de área urbanizada.

O gráfico do quadro 4 mostra que a **classe campo cerrado** na imagem 2004 representava 11% da área total da unidade, que corresponde a 173.627 m² de cobertura de área. Na imagem 2009 esta classe representou 19% de cobertura de área total, equivalente a 281.220 m², ou seja, um aumento de 8% de área ocupada por esta classe. A **classe cerradão** manteve-se na mesma proporção para ambas as datas e a **classe mata ciliar** não apresentou grande mudança.



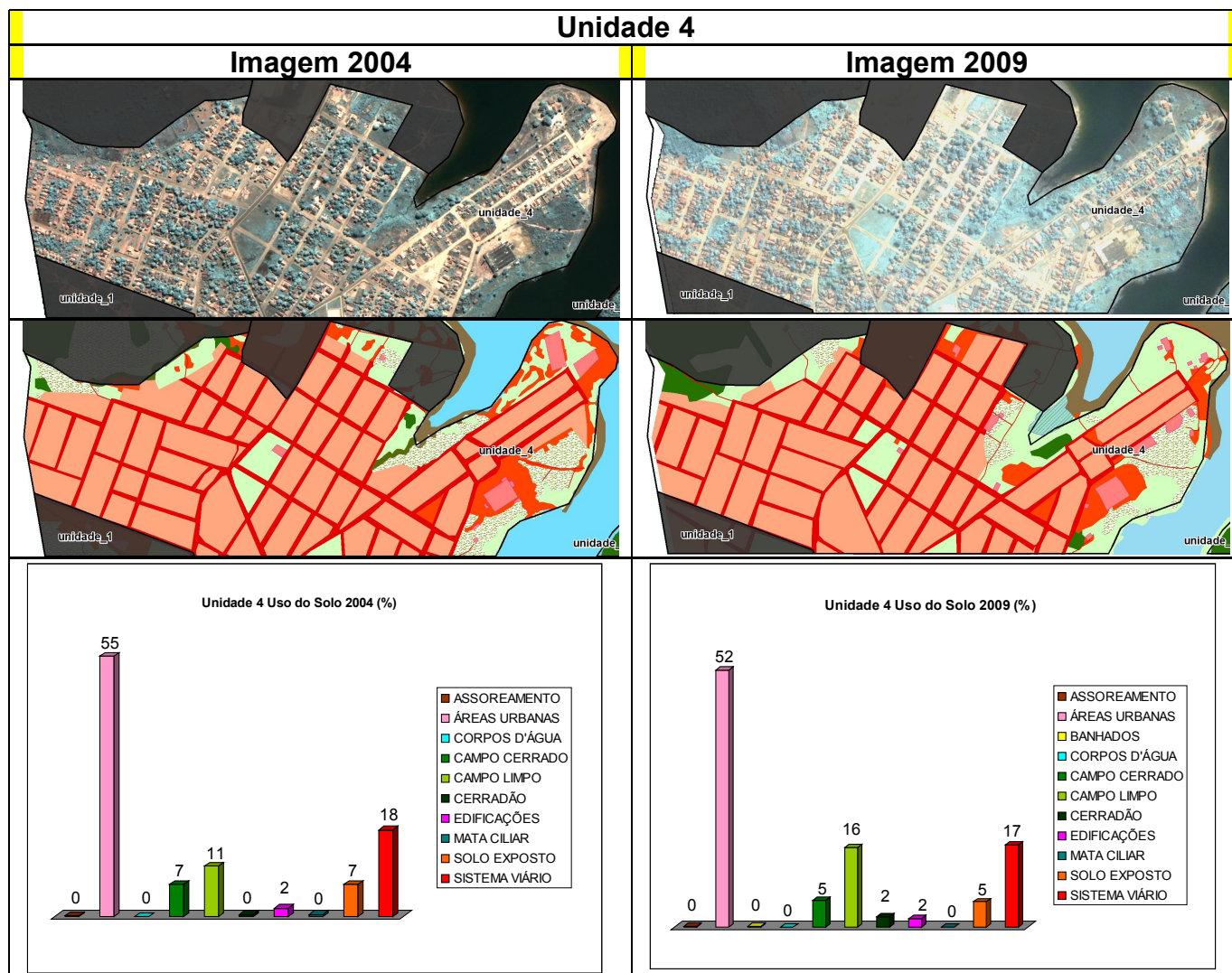
QUADRO 4 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 1

De forma inversa, a **classe solo exposto** apresentou uma sensível diminuição de 8%. Na imagem 2004, esta classe representava 14% (209.807 m²) do total da área da unidade, enquanto na imagem 2009 esta representou apenas 6% que correspondem a (86.287 m²) de área.

A **classe áreas urbanas** que não possuía representatividade na imagem 2004 apresentou um acréscimo

de área de 1% na imagem 2009, expresso em 15.476 m². Este acréscimo de área pode ser notado na imagem 2009, na porção inferior da imagem vetorizada, circundada por uma semicircunferência de cor preta com linha tracejada.

A **classe campo limpo** representa mais que 60% da cobertura total da área da unidade de paisagem para ambas as imagens, e as demais classes não demonstraram mudanças representativas.



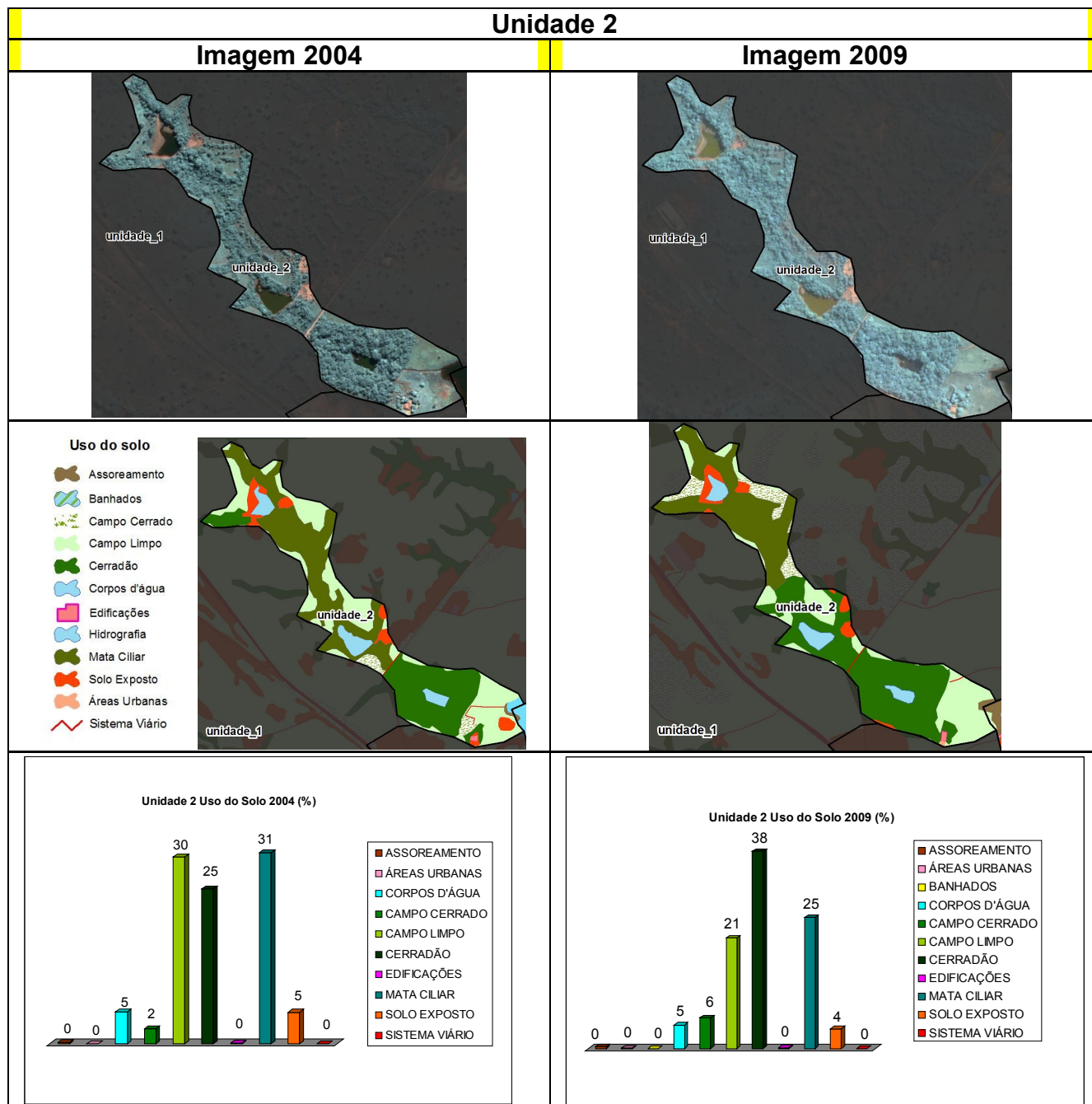
QUADRO 5 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 4

Esta unidade de paisagem não apresenta mudanças tão significativas, mas apresenta um aspecto interessante. Recobre quase que na sua totalidade uma área urbanizada, e a **classe áreas urbanas** apresentou redução de 3% quando comparam-se as vetorizações das imagens 2004 e 2009 respectivamente. Esta redução em área foi de 320.006 m² (55%) para 304.556 m² (52%) em relação a área total da unidade. Neste caso, deve-se considerar o já mencionado foco de avaliação deste trabalho.

Outro ponto, a **classe campo limpo** na imagem 2004 representava 11% da cobertura total, 61.808 m², e na imagem 2009 apresentou 94.525 m², ou seja, 16% da área total. As demais classes dispensam uma abordagem específica.

unidade 2 - corresponde a um fundo de vale aberto com mata ciliar e açudes inserido na unidade 1. A presença de mais umidade condiciona maior intemperismo da rochas, solos mais profundos e pouca probabilidade de ocorrência de laterita nesta unidade. A inclinação das encostas maior do que na unidade 1 e a maior profundidade do solo torna essa área suscetível a processos de erosão linear mais que erosão

laminar. O uso do solo mostra a retirada da vegetação original e sua substituição por pastagem ou solo exposto, o que aumenta o risco a erosão.



QUADRO 6 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 2

Na comparação das imagens para a unidade de paisagem 2, foi possível constatar um sensível aumento na densidade da vegetação que recobre a área bem como a diminuição de áreas de solos expostos. As classes de vegetação que recobrem grande porção desta unidade são as classes cerradão, campo limpo e mata ciliar.

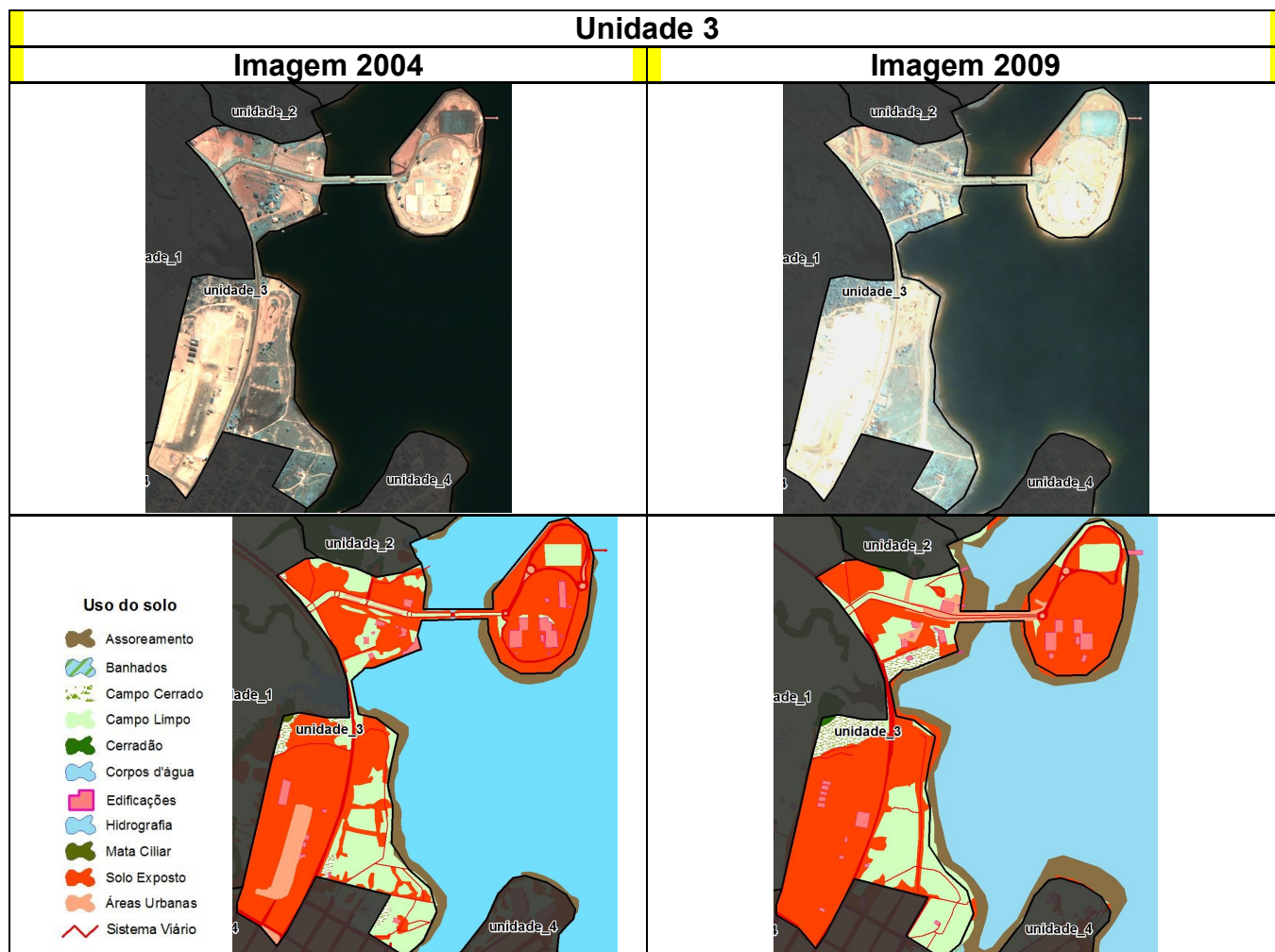
O gráfico mostra que a **classe cerradão** na imagem 2004 representava 25% da área total da unidade, que corresponde a 33.563 m² de cobertura de área. Na imagem 2009 esta classe representou 38% de cobertura de área total, equivalente a 50.928 m², ou seja, um aumento de 13% de área ocupada por esta

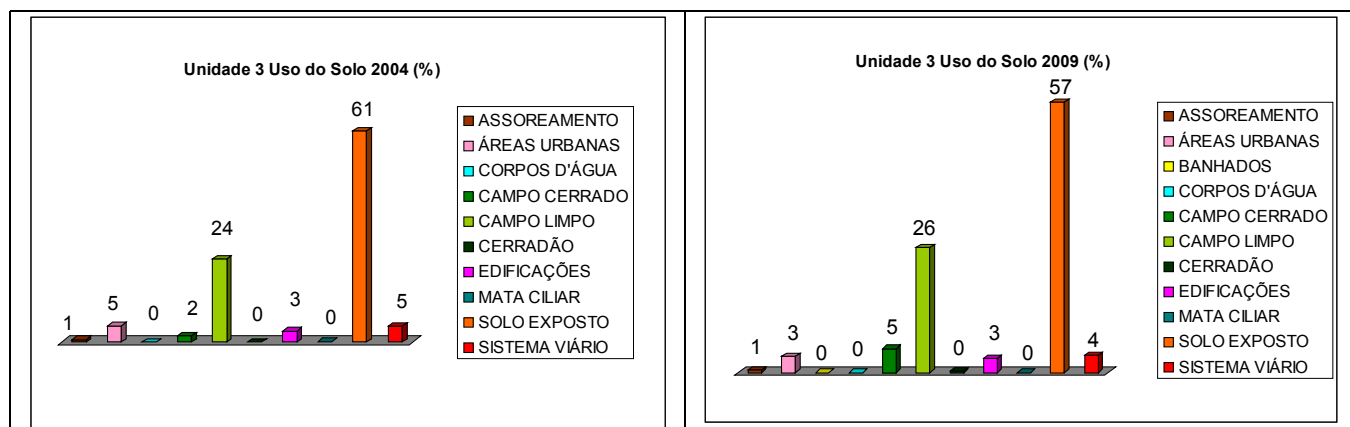
classe. A classe campo cerrado não apresentou tão significativa mudança, mas os 3% que recobria na imagem 2004, equivalentes a 3.195 m², dobrou sua área representando na imagem 2009 6% da área total da imagem.

A **classe campo limpo** apresentou diminuição de área em 10%, sendo que na imagem 2004 apresentava 40.375 m² (31%) de área do total da unidade, e em 2009 apenas apresentou 28.584 m² (21%). A **classe mata ciliar**, da mesma forma, representava 31% do total de área da unidade, 41.302 m², e na imagem 2009 reduziu sua área de cobertura para 33.888 m², representando 25% de cobertura da área total da unidades de paisagem.

Estas alterações demonstram que o crescimento em área da classe cerradão forçou a diminuição em área das classes campo limpo e mata ciliar. As demais classes representam o mínimo de área e portanto não foram aqui abordadas.

unidade 3 - Morros e colinas baixas no entorno do lago, com topo aplainado, encostas convexas. Os solos correspondem a associação nitossolo/argissolo desenvolvidos sobre rochas máficas e ultramáficas como nas unidades anteriores. O solo encontra-se quase completamente desprovido de cobertura vegetal e exposto. A pequena inclinação do relevo contribui para o menor risco de erosão linear, mas há possibilidade de acentuada erosão laminar, inclusive, onde o desmatamento é mais antigo, a cor do solo na imagem é mais clara do que a cor vermelha do solo local, o que evidencia a retirada de finos.





QUADRO 7 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 3

A análise desta unidade de paisagem mostrou que nas imagens de 2004 a classe solo exposto possuía maior representatividade enquanto na imagem 2009 as classes campo limpo e campo cerrado apresentam um acréscimo em área.

A **classe solo exposto** na imagem 2004 representava 61% da área total, o equivalente a 233.395 em m². Na imagem 2009, esta classe representa 57% do total da área da unidade, 221.465 em m², ou seja, uma redução de 4%.

Por outro lado, a classe campo limpo, que na imagem 2004 ocupava 24% (91.843 m²) da área total da unidade, aumentou para 27% sua representatividade na imagem 2009, o equivalente a 102.077 m². Seguindo o mesmo caminho, a representatividade da **classe campo cerrado** aumentou de 2% (6.730 m²) para 5% (19.673 m²) em relação a área total da unidade.

A **classe área urbana**, por fim, apresentou um decréscimo de área de 3% quando comparadas as imagens 2004 e 2009. As demais classes consideradas mantiveram-se sem alterações.

unidade 5 - o relevo é formado por colinas com topos planos e encostas mais íngremes do que nas unidades anteriores. Estas elevações são modeladas em rochas mais resistentes do tipo metadiorito e metatonalito. Os solos são raso do tipo cambissolo com textura cascalhenta. A cobertura vegetal nativa é de cerrado e cerradão e se encontra bem conservada na unidade. A **unidade 7** apresenta as mesmas características da unidade 5, contudo o uso da terra mostra maior desmatamento e presença de solo exposto. O risco de erosão laminar é grande, inclusive, é possível visualizar sedimentação na borda do lago. Há manchas de solo exposto com cor vermelha e outras brancas, o que pode indicar a perda de óxidos e argilas (finos) por erosão pluvial.

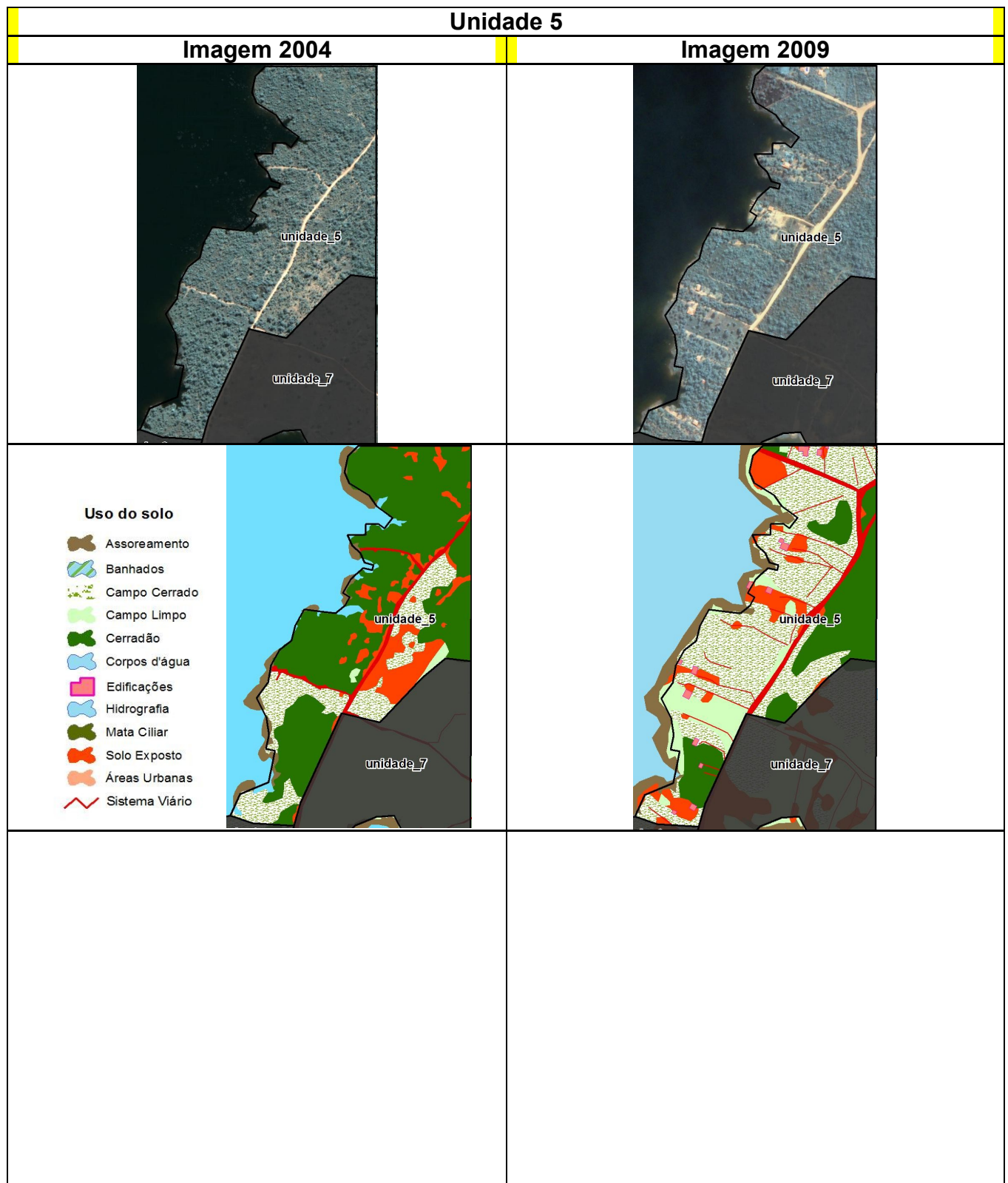
A imagem 2004 apresenta para esta unidade uma área onde a **classe cerradão** possui uma nítida representatividade, cobrindo 65% do total da área da unidade, 142.487 km². No entanto, a imagem 2009 demonstra que esta classe perdeu espaço, pois nesta imagem corresponde apenas a 53.219 m², ou seja, é uma diminuição em área de 41% da área total da unidade que equivale a uma redução de mais que o dobro da área da classe.

Por outro lado, a **classe campo cerrado** apresentou resultados inversos. Na imagem 2004 esta unidade ocupava apenas 18% da área total da unidade de paisagem, o equivalente a 38.996 m². Na imagem 2009 esta classe apresentou um aumento de área superior a duas vezes a metragem inicial, uma vez que nesta imagem esta classe representa 51% (115.616 m²) do total de área da unidade.

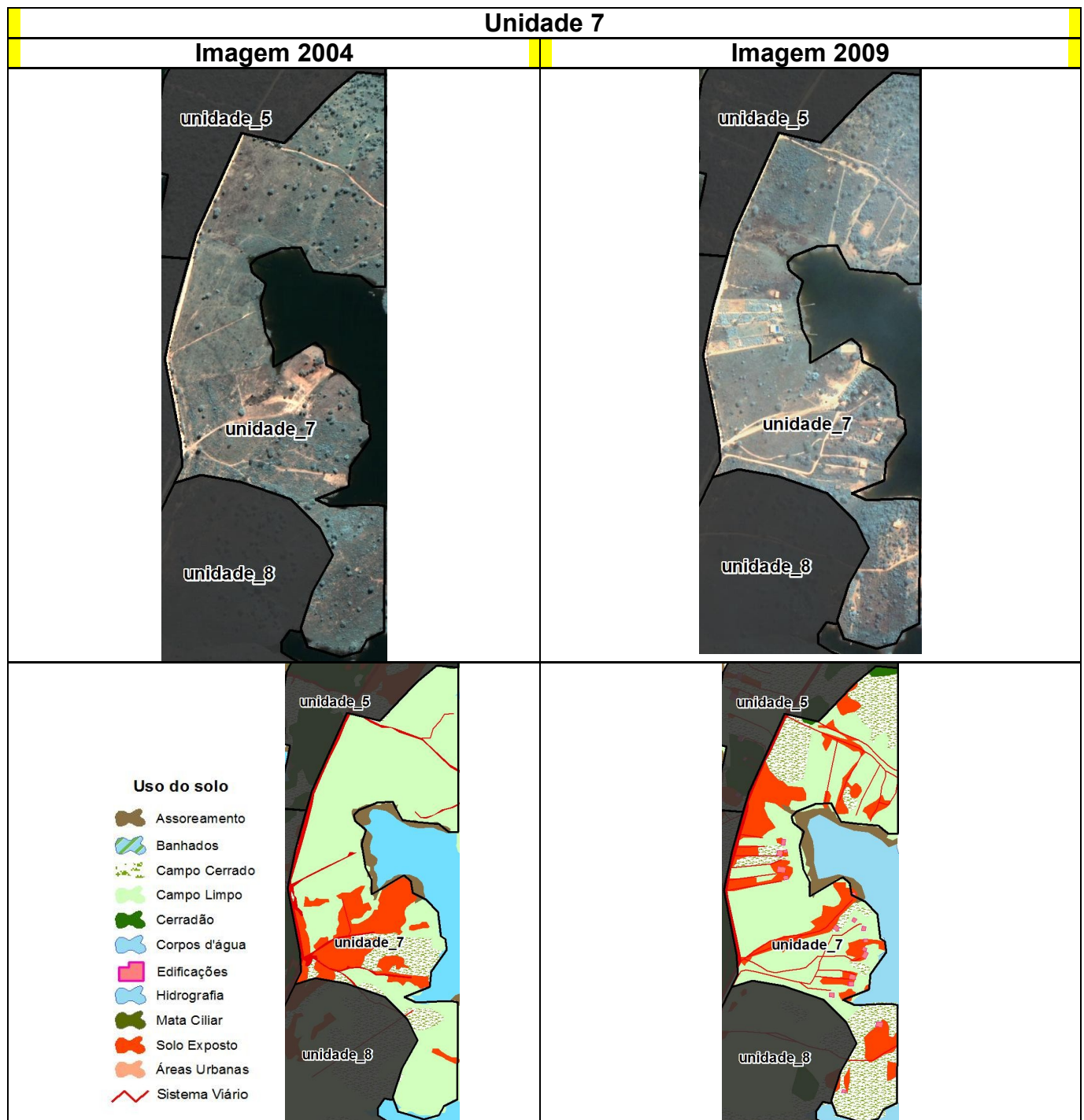
Tão representativo quanto são os 1% que a **classe campo limpo** ocupava da área total da unidade de paisagem na imagem 2004, 2.197 m², na imagem 2009 esta classe ocupou 19.845 m² que representam 9% da área total da unidade.

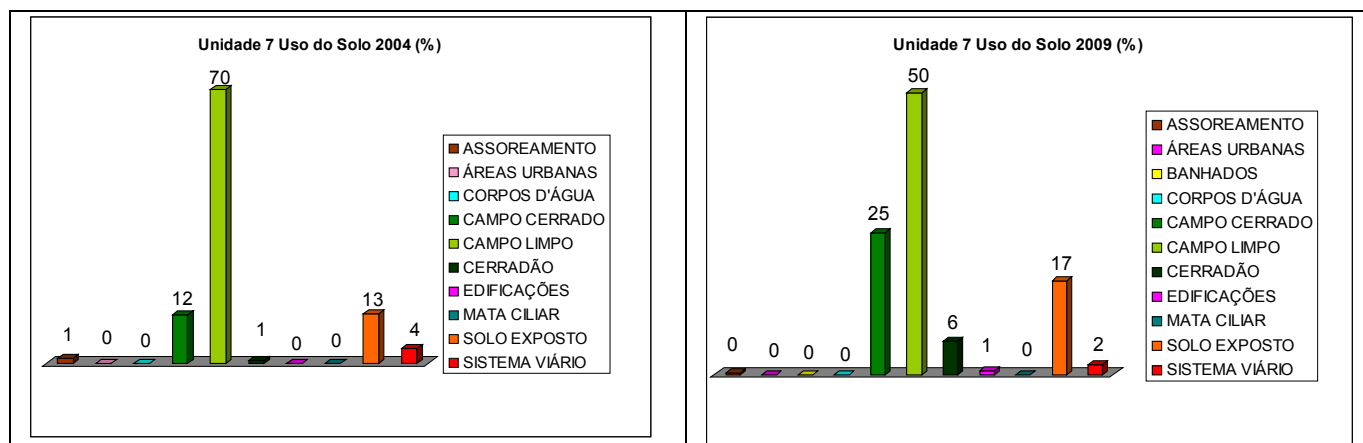
A **classe solo exposto** na imagem 2004 representava 12% da área total, o equivalente a 26.805 em m². Na imagem 2009, esta classe representa apenas 9% do total da área da unidade, 21.544 em m², ou seja, uma redução de 3% com relação a ocupação ao total de área da unidade de paisagem.

Com a visualização das imagens 2004 e 2009 foi possível perceber que houve um substancial aumento de área ocupado pela classe sistema viário, no entanto, esta, como já explicado, não é analisada. As demais classes dispensam uma abordagem mais aprofundada.



QUADRO 8 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 5





QUADRO 9 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 7

A unidade 7 apresentou um sensível aumento das áreas cobertas pela classe solo exposto, assim como o notou-se uma maior presença áreas com as classes sistema viário (não abordada) e a classe edificações.

A área coberta pela **classe solo exposto** aumentou sua representação de 12% na imagem 2004, para 16% na imagem 2009. Este aumento de 4%, em números, corresponde a uma aumento de 44.262 para 58.391 metros quadrados.

A **classe campo limpo** sofreu uma expressiva diminuição de 20% no total da área coberta pela unidade. Esta classe que representava 70% (244.397 m²) da área total da unidade de paisagem na imagem 2004, diminuiu para 50% (175.526 m²) na imagem 2009.

Com a **classe campo cerrado** o processo inverso ocorreu. Esta classe passou de 12%, 42.657 em m² de área do total da unidade, para 25%, que representam 88.171m². A **classe cerradão** apresentou um aumento de área na ordem de 5%. De 2.423 m², que significam 1% do total da área da unidade, esta classe passou a ocupar 6%, ou seja, 20.991 m².

Por fim, a **classe edificações**, que não foi identificada na imagem 2004, aparece na imagem 2009 com 2587 m², correspondendo a 1% da área total da unidade de paisagem 7. As demais classes não apresentaram mudanças significativas.

unidade 6 - Colinas com encostas inclinadas recobertas por vegetação de cerradão e localizadas próximas do entorno do reservatório. A unidade é modelada em rochas resistentes: metatonalitos e metadioritos, com desenvolvimento de solos rasos, os cambissolos. Apesar da inclinação das encostas, o risco de erosão é pequeno em virtude da proteção da cobertura vegetal de porte arbóreo.

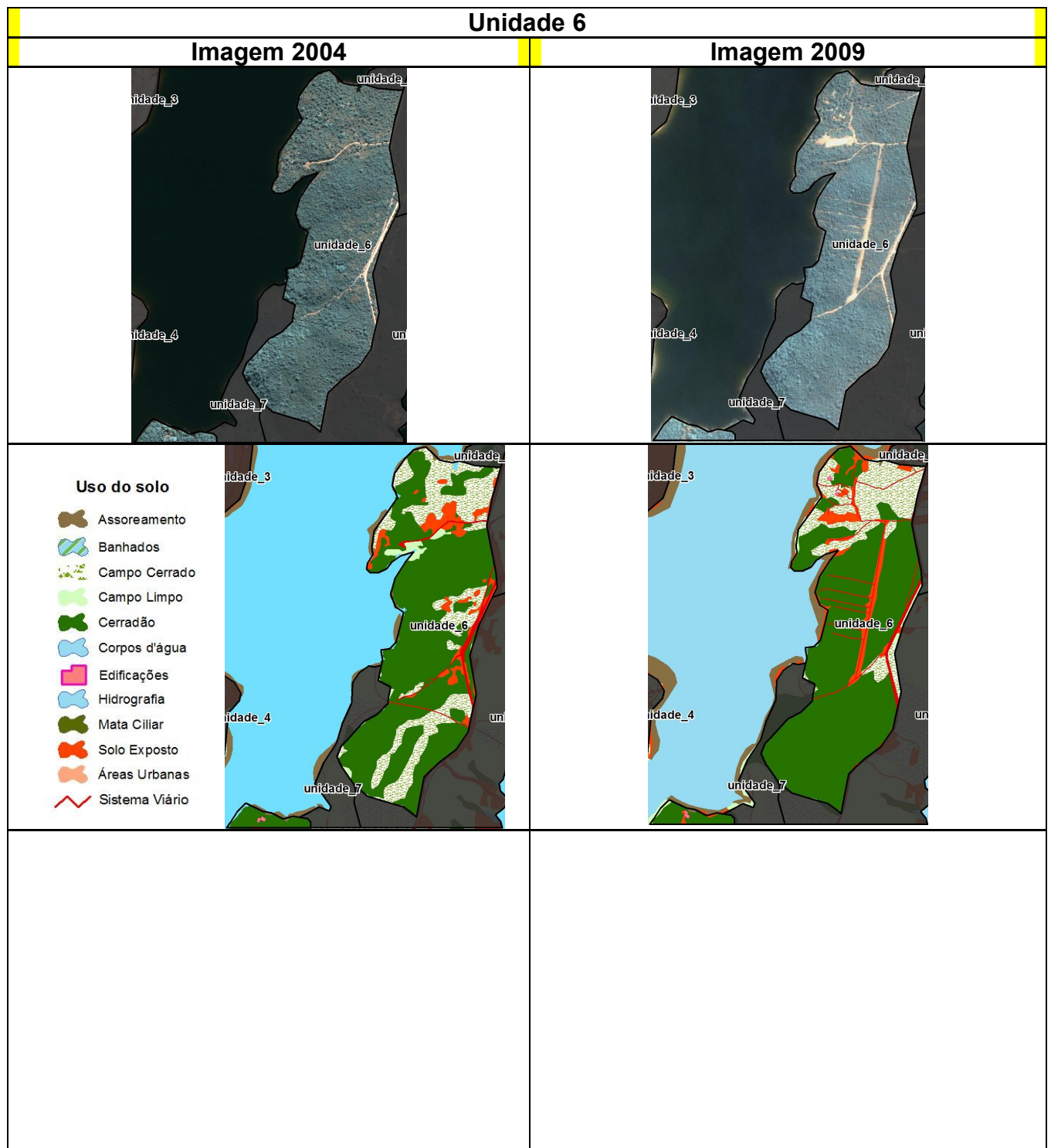
A expansão em área da classe sistema viário é também na unidade de paisagem 6 a primeira alteração nítida, embora não quantificada neste estudo. No entanto, as imagens de satélite possibilitaram identificar novas áreas recobertas pela classe solo exposto.

Esta alteração da classe **classe solo exposto**, em metros quadrados, passou de 26038 m² na imagem 2004 para 29497 m² na imagem 2009. Estes números expressam um aumento de 1% no tamanho total da unidade de paisagem.

No entanto, a vetorização das imagens mostrou que o aumento mais significativo ocorreu na **classe cerradão**, que na imagem 2004 ocupava 67% da área total da unidade, o equivalente a 294.883 m², e na imagem 2009 esta classe passou a ocupar 324.855 m², o que equivale a 73% da área total da unidade de paisagem. Pode-se dizer desta maneira, que esta classe que é predominante nesta unidade de paisagem se considerada a imagem 2009.

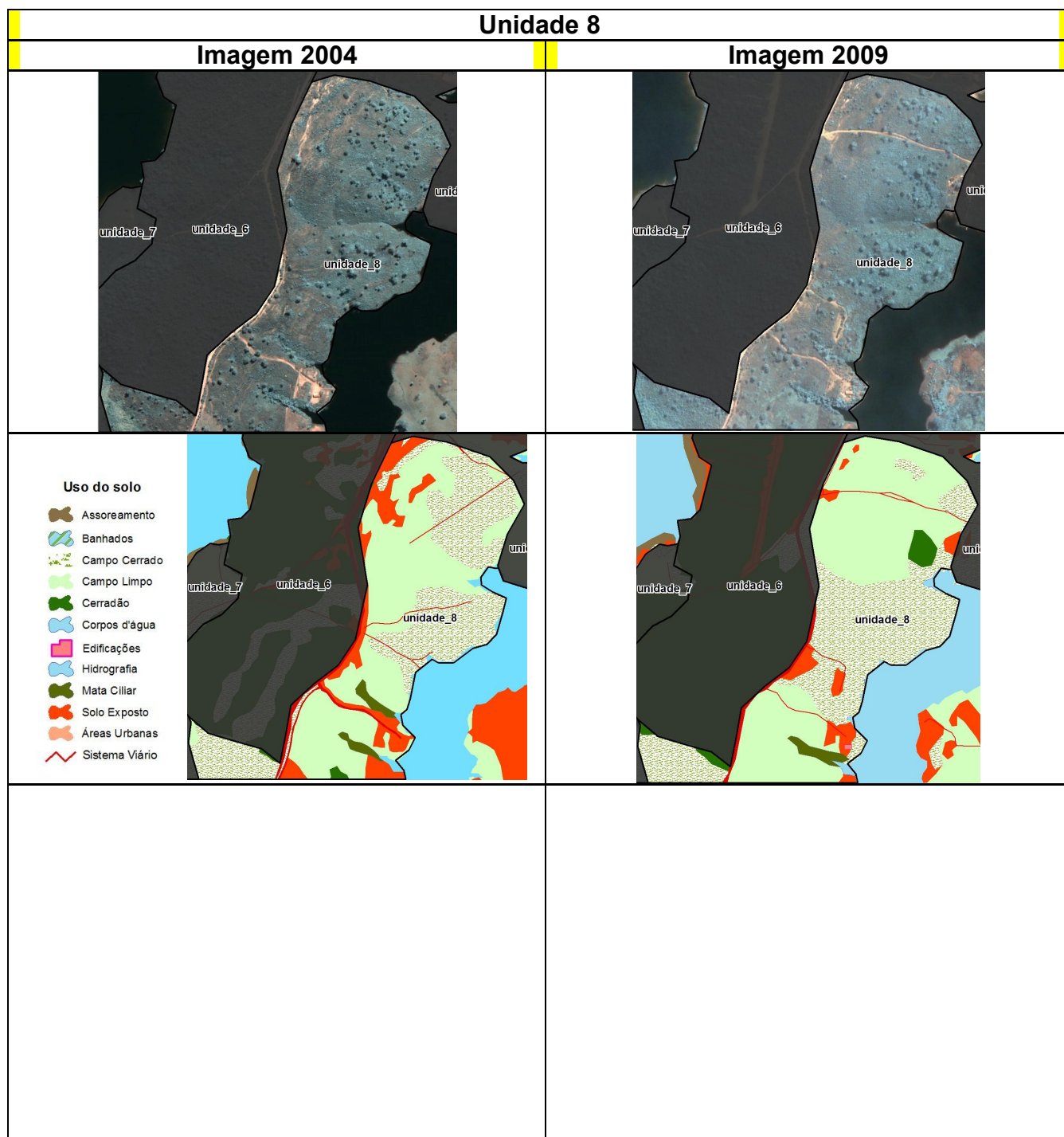
Com 22% (98.921 m²) do total da área da unidade na imagem 2004, a **classe campo cerrado** apresentou uma pequena diminuição, passando para 18% da área total na imagem 2009, o que representa 77.311 m². Seguindo a mesma direção, diminuiu também a **classe campo limpo**, que de 2% do total da área na imagem 2004, 7.295 m², na imagem 2009 correspondeu a 1% (4.215 m²) apenas.

As demais classes não demonstraram mudanças representativas nesta unidade de paisagem.



QUADRO 10 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 6

unidade 8 - Colinas com encostas mais suaves do que na unidade anterior, modeladas sobre metatonalitos e metadioritos, com cambissolos. no seu interior há cursos d'água com vales encaixados. A cobertura de cerrado e cerradão foi desmatada e há pastagens plantadas e pequenas manchas de solo exposto. O risco de erosão é elevado, especialmente junto as encostas dos vales se forem desmatadas.



QUADRO 11 – Quadro evolutivo da unidade de paisagem 8

Finalmente, a unidade de paisagem 8 mostrou que a mudança mais sensível foi o aumento da cobertura vegetal dos solos, conforme já observado em outras unidades. A presença das classes campo limpo e campo cerrado, respectivamente, ocupam somadas muito mais que a metade da área total da unidade e ambas apresentaram aumento de área ocupada. Por outro lado, a classe solo exposto apresentou nítido decréscimo. A maior representatividade da classe sistema viário é outra nítida mudança quando comparadas as imagens 2004 e 2009 respectivamente.

O gráfico mostra que a **classe campo limpo** na imagem 2004 representava 47% da área total da unidade, o que corresponde a 128.826 m² de cobertura da área total da unidade. Na imagem 2009 esta classe

representou 50% de cobertura de área total, equivalente a 137.396 m², ou seja, um aumento de 3% de área ocupada por esta classe.

A **classe campo cerrado**, que ocupava 38% do total de área da unidade 8 na imagem 2004, passou a ocupar 41% da unidade em área na imagem 2009. Este aumento em número foi de 106.217 para 112812 m².

De forma inversa, a **classe solo exposto** apresentou um decréscimo em área de 6%. Na imagem 2004, esta classe representava 10% (29088 m²) do total da área da unidade, enquanto na imagem 2009 esta classe representou apenas 4%, o que corresponde a 12355 m² de área.

Por não apresentarem mudanças significativas neste período de análise, as demais classes não são aqui comentadas.

CONCLUSÕES

O principal elemento delimitador das unidades de paisagem foram as formas de relevo associadas ao uso da terra. Verificou-se que as formas de relevo são diretamente influenciadas pela resistência das rochas.

A retirada da cobertura vegetal é um fator preocupante, pois a erosão laminar remove os finos do solo e deixa um material arenoso com pouca coesão que pode ser facilmente erodido pelo escoamento superficial.

A imagem de satélite de alta resolução espacial associada à informação altimétrica mostraram-se adequadas para a identificação e caracterização de paisagens no ambiente de cerrado, permitindo um primeiro levantamento de suas potencialidades e fragilidades frente à ocupação humana.

As principais alterações temporais no padrão do uso dos solos, ao contrário do que se esperava, não foram necessariamente as mudanças causadas pelas atividades de caráter antrópica, mas sim aquelas de características naturais, como é o caso da regeneração vegetal de áreas antes ocupadas.

Neste sentido, a classe áreas urbanas não foi a classe que apresentou maior evolução temporal em aumento da metragem quadrada, nem mesmo nas unidades em que esta era predominante ou nas unidades de paisagem que esta classe se localiza nas regiões periféricas representando um vetor de expansão.

Como via de regra, nas unidades onde houve evolução das classes vegetais, a classe solo exposto se comportou de maneira inversamente proporcional, reduzindo sua presença em área, como foi o caso da unidade 3, por exemplo.

A classe sistema viário, embora não quantificada no estudo, para as unidades de paisagem 5, 6 e 7 representou a mudança mais significativa na visualização das imagens. A falta de dados com relação a esta classe não permitiu uma avaliação quantitativa, o que empobrece a riqueza de detalhes da avaliação proposta por este artigo para estas unidades.

Estudos dessa natureza aplicando recursos geotecnológicos (SIG e imagem de alta resolução espacial, por exemplo) são fundamentais para balizar a gestão territorial, seja no uso do território ou sua preservação.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, L. de; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do Estado de Goiás. GOIÁS** (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006 a. 232 p.
- BERTALANFFY, L V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Vozes, Petrópolis, 1975
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global: Esboço metodológico**, Caderno de Ciências da Terra, no. 13, 1975, pp. 1-27.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Aspectos da análise sistêmica em geografia**, Geografia, Vol. 3, no. 3, 1978, pp. 1-31.
- DIAS, J, A **Região cárstica de Bonito, MS: uma proposta de zoneamento geoecológico a partir de unidades de paisagem**, Ensaios e Ciência, Vol. 4, no. 1, 2000, pp. 9-43.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. de. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006 b. 128 p.

MAXIMIANO, L. A., **Considerações sobre o conceito de paisagem**, Ra'e Ga: O Espaço Geográfico em Análise, no. 8, 2004, pp. 83-91.

NASCIMENTO, M. A. L. S. **Geomorfologia do estado de Goiás**. In: Boletim Goiano de Geografia. Goiânia: UFG, V.12, n.1. Jan./Dez. 1991. Disponível em:

http://www.observatoriogeogoiias.com.br/observatoriogeogoiias/artigos_pdf/NASCIMENTO,%20Maria%20Amelia%20Leite.pdf. Acesso em: 03. nov. 2009.

SCHIER, R. A, **Trajetórias do conceito de paisagem na geografia**, Ra'e Ga: O Espaço Geográfico em Análise, no. 7, 2003, pp. 79-85.

SILVA, S. C. da; SANTANA, N. M. P. de; PELEGRINI, J.C. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006 c. 133 p.

SOTCHAVA, V. B, **O estudo de geossistemas**. Métodos em questão, no. 16, 1977 p.51.

VENTURI, L. A. B, **Unidades de paisagem como recurso metodológico aplicado na geografia física**, VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada, Curitiba, Paraná, vol. 2, 1997